



**Escola de Camins**  
Escola Tècnica Superior d'Enginyeria de Camins, Canals i Ports  
UPC BARCELONATECH

# Estudio de viabilidad técnica y económica de una terminal marítima de recepción, almacenamiento y expedición de GNL de pequeña escala

Treball realitzat per:

**Eugènia Poveda Santiago**

Dirigit per:

**Xavier Ametller Malfaz**

**Joan Pau Sierra Pedrico**

Màster en:

**Enginyeria de Camins, Canals i Ports**

Barcelona, 21 de setembre de 2017

Departament d'Enginyeria Civil i Ambiental

**TREBALL FINAL DE MÀSTER**



## **AGRADECIMIENTOS**

Desearía aprovechar estas líneas para mostrar mi más sincero agradecimiento al tutor de SENER, Xavier Ametller, y al de la UPC, Joan Pau Sierra. Gracias por su tiempo, apoyo y guía durante el transcurso de estos últimos meses. Sin su colaboración este trabajo no habría sido posible. También agradecerle a Santiago Martínez su predisposición por compartir conmigo sus amplios conocimientos en el campo de las instalaciones de Gas Natural Licuado.

Por último, expresar mi agradecimiento a todos aquellos que me han acompañado a lo largo de estos años de estudio. A mi familia por su apoyo constante, a mis amigos por hacer de esta etapa algo inmejorable y a los profesores por su esfuerzo y dedicación.

## RESUMEN

Las ventajas que presenta el gas natural frente a otros combustibles de origen fósil y la necesidad de importación de muchas áreas geográficas que no disponen de esta fuente energética ha potenciado el desarrollo de nuevas soluciones en el panorama gasístico. En este sentido, se ha estudiado la viabilidad de implantar una terminal marítima de recepción, almacenamiento y expedición de GNL (Gas Natural Licuado) de pequeña escala.

Con el objetivo de analizar la viabilidad técnica y económica, tanto desde un punto de vista genérico como particular, el estudio se ha aplicado al caso específico de Catalunya. Se han analizado las restricciones a las que están sujetas las terminales de estas características, las proyecciones de demanda, así como la cadena logística del modelo planteado para realizar una propuesta conceptual de implantación de este tipo de instalación en el litoral catalán.

De entre los puertos que cumplían técnica, ambiental y legislativamente las restricciones establecidas, el puerto de Palamós ha destacado como el más adecuado para recibir buques de GNL de pequeña escala y distribuirlo mediante camiones cisterna a industrias y a clientes dentro de su área de influencia o, de forma alternativa, suministrarlo como combustible a otros buques. De este modo, se facilitará el suministro a clientes que antes no disponían de acceso a la red de gas convencional o a buques que emplean el GNL como combustible limpio. Finalmente, tras un análisis de costes en el que se han considerado las externalidades asociadas a la cadena logística, se ha concluido que la propuesta es viable técnica y económicamente y supone un interesante punto de partida para el desarrollo de futuras instalaciones industriales de este tipo.

## **ABSTRACT**

The advantages of natural gas over the other fossil fuels and the import requirement of the zones that do not have this energy source have fostered the development of new solutions in the gas market. In this respect, the viability of implementing a maritime small-scale terminal of reception, storage and distribution of LNG (Liquefied Natural Gas) has been assessed.

With this objective, the methodology adopted has been applied both from a generic and a particular point of view, analyzing the specific case of Catalonia. The restrictions applied to this kind of terminals, the projections of demand and the optimal supply chain have been evaluated in order to make a proposal for a basic project implementation in the Catalan coastline.

Among the ports that comply the technical, environmental and legal constraints, the Port of Palamós is the most suitable for receiving small-scale LNG carriers and either supply it as fuel for medium vessels or distribute it by tank truck to industries or clients of the area. In this way, LNG will be provided to consumers without access to the conventional natural gas network and to vessels that use LNG as a clean fuel source. Finally, after a feasibility study which has included the impact of externalities, it is highlighted that small-scale terminals businesses are an interesting starting point to promote the LNG industry.

# ÍNDICE

<b>1</b>	<b>ALCANCE DEL ESTUDIO.....</b>	<b>11</b>
<b>2</b>	<b>MARCO NORMATIVO.....</b>	<b>15</b>
2.1	Instalaciones de GNL en tierra	15
2.2	Transferencia de GNL buque-tierra	16
2.3	Transporte de GNL	17
2.4	Otras normas de aplicación	17
<b>3</b>	<b>ANÁLISIS DE LAS RESTRICCIONES.....</b>	<b>19</b>
3.1	Restricciones técnicas	19
3.1.1	<i>Restricciones asociadas a los agentes físicos y climáticos.....</i>	<i>19</i>
3.1.2	<i>Restricciones asociadas al diseño en planta y alzado .....</i>	<i>20</i>
3.1	Restricciones ambientales	23
3.2	Otras restricciones	23
3.2.1	<i>Restricciones de seguridad.....</i>	<i>23</i>
3.2.2	<i>Restricciones asociadas a la red de transporte existente .....</i>	<i>24</i>
3.3	Red de gas en Catalunya	25
<b>4</b>	<b>LOGÍSTICA DEL GNL.....</b>	<b>28</b>
4.1	Cadena de suministro	28
4.1.1	<i>Exploración y producción.....</i>	<i>28</i>
4.1.2	<i>Transporte y Distribución .....</i>	<i>31</i>
4.1.3	<i>Comercialización .....</i>	<i>32</i>
4.2	Estructura de costes	32
<b>5</b>	<b>DEMANDA .....</b>	<b>35</b>
5.1	Análisis de la demanda actual	35
5.2	Estimación de la demanda futura	40
5.2.1	<i>El GNL como combustible .....</i>	<i>40</i>
5.2.2	<i>El GNL en la industria.....</i>	<i>43</i>
5.2.3	<i>Demanda de GNL de la terminal proyectada .....</i>	<i>44</i>
<b>6</b>	<b>PROPUESTA DE IMPLANTACIÓN .....</b>	<b>45</b>
6.1	Análisis de la infraestructura necesaria	46
6.1.1	<i>Dimensionamiento del almacenamiento .....</i>	<i>46</i>
6.1.2	<i>Buque de diseño .....</i>	<i>47</i>
6.1.3	<i>Instalaciones, sistemas y equipos .....</i>	<i>48</i>
6.2	Análisis de los puertos candidatos	52

6.2.1	<i>Criterios para la selección</i>	52
6.2.2	<i>6.2.2 Análisis cualitativo de los puertos</i>	55
6.3	Puerto seleccionado	57
6.3.1	<i>Infraestructura disponible</i>	57
6.3.2	<i>Aplicación de las restricciones asociadas al emplazamiento</i>	59
6.3.3	<i>Equipamiento marítimo del muelle</i>	63
6.3.4	<i>Layout de las instalaciones, sistemas y equipos propuestos</i>	72
6.4	Infraestructura de la planta de regasificación	73
<b>7</b>	<b>ANÁLISIS DE COSTES</b>	<b>74</b>
7.1	CAPEX	74
7.2	OPEX	77
7.3	Análisis financiero	78
7.3.1	<i>Estimación cuantitativa de la estructura de costes</i>	78
7.3.2	<i>Viabilidad económica de la terminal small scale</i>	81
7.4	Análisis de las externalidades	85
7.4.1	<i>Metodología y justificación del cálculo</i>	86
7.4.2	<i>Síntesis de los resultados</i>	89
<b>8</b>	<b>DAFO</b>	<b>91</b>
8.1	Debilidades	91
8.2	Amenazas	92
8.3	Fortalezas	93
8.4	Oportunidades	94
<b>9</b>	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>97</b>
<b>10</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA</b>	<b>100</b>

ANEXO I: Fichas de evaluación de los puertos considerados

ANEXO II: Fichas ambientales del Puerto de Palamós

ANEXO III: Implantación de la terminal en el Puerto de Palamós

ANEXO IV: Viabilidad económica de la terminal

ANEXO V: Análisis de las externalidades

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Factores que inciden en la definición del calado en la línea de atraque. Fuente: ROM .....	21
Figura 2. Factores para determinar el calado en el atraque. Fuente: ROM 2.0-11 ....	22
Figura 3. Sistema gasista español. Fuente: Enagás.....	27
Figura 4. Cadena logística del GNL .....	30
Figura 5. Distribución del aprovisionamiento gasísticos en España. Fuente: Enagás ..	35
Figura 6. Origen de los suministros de GN y GNL a España. Fuente: Enagás .....	37
Figura 7. Consumo en España por sectores industriales. Fuente: Enagás .....	38
Figura 8. Evolución del consumo energético del sector industrial .....	39
Figura 9. Repartición del consumo energético del sector industrial.....	40
Figura 10. Escenarios de penetración del GN en los sectores de transporte por carretera. Fuente: GASNAM .....	41
Figura 11. Escenario base, optimista y pesimista de tráfico portuario a gas natural. Fuente: GASNAM.....	42
Figura 12. Situación del Puerto de Palamós.....	58
Figura 13. Ubicación del muelle comercial en el Puerto de Palamós. Fuente: Ports de la Generalitat.....	59
Figura 14. Superficie del muelle comercial de Palamós destinada a la implantación de la terminal proyectada .....	60
Figura 15. Distancias mínimas de seguridad desde la terminal proyectad a otras industrias (300 m) y a núcleos residenciales (500 m). ....	60
Figura 16. Área mínima de reviro dada la flota considerada .....	61



Figura 17. Entorno de seguridad del buque de GNL atracado respecto a otros buques. .....	61
Figura 18. Batimetría de la en la zona del muelle comercial prevista para la implantación de la nueva terminal de GNL.....	62
Figura 19. Figura 20 Atrake lateral o de costado mediante traslación longitudinal preponderante a obras de atraque fijas. Fuente: ROM 2.0-11. ....	63
Figura 20. Esquema de dimensiones de una defensa SUPER CONE genérica y tabla de dimensiones de las diferentes defensas SUPER CONE de Trelleborg. Fuente: Trelleborg. .....	67
Figura 21. Gráfica genérica compresión-energía-reacción de las defensas SUPER CONE de Trelleborg. Fuente: Trelleborg. ....	68
Figura 22. Disposición de las defensas en el frente de atraque .....	69
Figura 23. Disposición estándar del sistema de amarre para buque amarrado lateralmente o de costado a una obra de atraque continua, para condiciones climáticas límite de permanencia del buque en atraque (para buques con $L > 25$ m). Fuente: ROM 2.0-11. ....	70
Figura 24. Esquema de amarras para el frente de atraque de la nueva terminal .....	72
Figura 25. Costes asociados a las distintas etapas de la cadena logística considerada .....	79
Figura 26. Beneficios anuales antes y después de impuestos .....	82
Figura 27. Caja acumulada antes y después de financiación .....	83
Figura 28. Cálculo del periodo de retorno de la inversión .....	85
Figura 29. Matriz DAFO del sistema .....	96

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Valores umbral de los agentes climáticos y océano-meteorológicos que generalmente se adoptan como limitativos según la ROM para buques de GNL con capacidades inferiores a 60,000 m <sup>3</sup> . Fuente: ROM 2.0-11 .....	20
Tabla 2. Características de los buques de diseño y restricciones asociadas.....	22
Tabla 3. Características de la planta de Enagás de Barcelona .....	26
Tabla 4. Entradas al sistema gasista español (datos en m <sup>3</sup> correspondientes a los años 2015 y 2016). Fuente: Enagás .....	36
Tabla 5. Origen de los suministros de GN y GNL a España. Fuente: Enagás .....	36
Tabla 6. Origen del GNL descargado en la planta de Barcelona. Fuente: Enagás .....	37
Tabla 7. Sectores consumidores de GN en los años 2015 y 2016. Fuente: Enagás .....	38
Tabla 8. Consumo de GN de algunos sectores en Catalunya en 2016 (en Twh). Fuente: Enagás .....	39
Tabla 9. Características de los buques comprendidos en el rango de 1.100 m <sup>3</sup> y 5.000 m <sup>3</sup> de capacidad. Fuente: SENER .....	47
Tabla 10. Criterios y pesos tomados en consideración para el análisis multicriterio ..	56
Tabla 11. Puntuación de las alternativas consideradas en el análisis multicriterio ...	57
Tabla 12. Comportamiento de compresión-energía-reacción de las defensas SUPER CONE de Trelleborg. Fuente: Trelleborg.....	68
Tabla 13. Energía mínima absorbible y reacción mínima asociada para defensas tipo SUPER CONE, donde se resaltan los valores correspondientes a las defensas seleccionadas. Fuente: Trelleborg.....	68
Tabla 14. CAPEX de la nueva terminal .....	75
Tabla 15. OPEX de la nueva terminal .....	77
Tabla 16. Desglose de los costes estimados .....	80
Tabla 17. Beneficios totales agregados de los 24 años de operativa de la terminal ..	89

## 1 ALCANCE DEL ESTUDIO

Actualmente, el gas natural (GN) está experimentando un importante crecimiento en el mercado global dado las ventajas que presenta dicho combustible de origen fósil frente a los demás. Entre otros factores, destacan:

- La baja emisión de contaminantes tras su combustión: el gas natural es un combustible fósil más limpio y menos contaminante que el carbón y el petróleo. En Europa, las penalizaciones sobre las emisiones de carbono ayudan al gas natural a competir con más fuerza en el sector de la energía y en procesos de la industria pesada.
- El menor precio frente a los combustibles tradicionales: los precios del gas natural han bajado considerablemente por las reservas mundiales estimadas actualmente.
- Las mejoras tecnológicas en los distintos ámbitos: los costes se han visto reducidos principalmente en el de diseño y construcción de las terminales de licuefacción, en el almacenamiento y regasificación, así como en los gaseoductos de transporte de gas.
- La tendencia de diversificar las fuentes de energía con combustibles limpios: el crecimiento económico mundial ha generado un incremento de la demanda de energía para usos industriales, comerciales y domésticos.
- La reducción de los costes de diseño y construcción de buques metaneros: se han incrementado los tamaños de los buques de transporte y como resultado han disminuido los costes de fletes.

Sin embargo, el suministro de gas natural para usos industriales, comerciales y domésticos, aunque se ha extendido considerablemente en los últimos 50 años, en muchas áreas geográficas todavía no disponen de esta fuente energética. Así, una de las principales limitaciones a las que ha de hacer frente dicho recurso natural es la rigidez del trazado de la red de distribución. Dado que los principales yacimientos de gas natural se encuentran en Argelia, Nigeria y Qatar, para el suministro los países importadores deben recurrir a sistemas de tuberías o bien a regasificadoras de gas natural licuado (GNL) alimentadas por barcos metaneros.

La gran ventaja que se obtiene en la licuación del gas natural básicamente es la de aumentar la capacidad de almacenamiento para el transporte en forma de gas natural licuado. El volumen a la temperatura de  $-160^{\circ}\text{C}$ , y presión próxima a la presión atmosférica, es aproximadamente 600 veces menor que el volumen de gas. En comparación con el transporte de gas natural comprimido (GNC), máximo entre 150 a 250 bar, en tanques de acero cilíndricos, un tanque de GNL del mismo tamaño contiene aproximadamente más de tres veces de volumen de gas natural. De este modo, la licuefacción del gas natural juntamente con el uso de contenedores aislados térmicamente hacen rentable el transporte marítimo de origen a destino. Finalmente, para ser consumido, ya sea a nivel doméstico o industrial, es necesario someter el GNL a un proceso de regasificación.

Debido a las ventajosas características expuestas del GNL, están en fase de fuerte expansión las instalaciones de pequeña escala, pequeñas plantas de almacenamiento y regasificación. Dichas plantas tienen por objetivo prestar servicios de carga de cisterna para transporte por camión y ferrocarril para abastecimiento industrial y de zonas residenciales. Asimismo, también está en auge la utilización del GNL para la carga de buques de *bunkering* y para la flota de camiones y autobuses. También para vehículos y embarcaciones de tamaño medio o pequeño, se emplea gas natural comprimido (GNC) que consiste en gas natural almacenado a altas presiones de entre 200 y 250 bar. La industria automovilística apuesta por la sostenibilidad y ve el GNC como un combustible alternativo al diésel que podría permitir compensar la caída en la venta de coches diésel debido a su impacto ambiental.

Las terminales de pequeña escala son adecuadas para recibir cargamentos de GNL desde las grandes terminales de importación utilizando pequeños buques de transporte o bien desde camiones de transporte terrestres. Las principales ventajas de las plantas satélites de GNL *small scale* son un menor coste económico, mayor rapidez de construcción y flexibilidad de operación. Además, ofrecen interesantes aplicaciones, debido a que se pueden instalar en pequeños municipios, preferentemente en zonas próximas al mar, donde el suministro de gas natural por gasoductos no es previsible a corto plazo. Actualmente, gracias a los esfuerzos legislativos para regularizar el uso del GNL, especialmente en materia de seguridad, en distintos países europeos están en fase de proyecto y construcción plantas satélites de pequeña escala.

Analizada la situación en el marco actual y futuro, el presente estudio tiene por objetivo dar respuesta a la demanda creciente de GNL analizando la viabilidad de implantar una cadena logística complementaria a la existente. Se analizará, por lo tanto, la viabilidad técnica y económica de descargar barcos de GNL en puertos de tamaño medio para ser transportado posteriormente mediante camiones cisterna a industrias situadas en el entorno geográfico de dichos puertos y a centros urbanos donde el GNL sería regasificado para poder ser consumido. De este modo, industrias y centros urbanos sin acceso directo a gasoductos o bien sin recursos suficientes para tener un lugar en la cadena logística existente dominada por intermediarios a gran escala podrían rentabilizar su consumo energético. Además, los clientes podrían intercambiar sinergias consiguiendo un aprovechamiento total de la energía mediante el uso del frío resultante de los vaporizadores.

También se considerará el diseño de instalaciones para carga directa de GNL como combustible a buques de pequeño tamaño de cabotaje o pesqueros. La utilización del GNL como combustible en buques de transporte marítimo, ofrece importantes ventajas medioambientales, ya que su utilización contribuye a una reducción importante de la polución atmosférica en emisiones de gases óxidos de azufre y nitrógeno y partículas sólidas. El porcentaje de partículas  $\text{NO}_x$  y  $\text{SO}_x$  producidas por la utilización de combustibles marinos está restringido por la OMI (Organización Marítima Internacional) mediante la definición de zonas de emisiones controladas, llamadas ECA (*Emission Control Area*). Actualmente, la aplicación de las ECA se limita principalmente a las costas estadounidenses, pero se especula con la posibilidad de que se amplíen en los próximos años a otras costas, entre otras, la del Mar Mediterráneo. Opcionalmente podría considerarse el GNC para el uso vehicular y de embarcaciones deportivas.

Dado que Cataluña reúne unas características geográficas, de infraestructuras y de demanda que se adaptan al modelo propuesto, la viabilidad de dicho modelo se estudiará de forma conceptual para este caso concreto pudiendo ser extrapolable a cualquier otro territorio en condiciones similares. Para ello, se analizará la compatibilidad de las infraestructuras portuarias existentes con el suministro de GNL a pequeña escala considerando los principales riesgos y oportunidades.

En primer lugar, se establecerán de forma conceptual las restricciones legales, ambientales y de tipo técnico en la implantación de instalaciones de GNL en los puertos del litoral catalán que pueden condicionar la preselección de terminales de descarga

de GNL. En segundo lugar, se analizará conceptualmente la demanda energética potencialmente captable por el sistema planteado. A continuación, se definirá la cadena logística óptima del modelo planteado. Para la implantación de dicha cadena logística se realizará una propuesta básica de una terminal *small scale* de GNL en un puerto que cumpla con las restricciones detectadas. Por último, se analizará la viabilidad económica de la cadena logística de GNL planteada.

## 2 MARCO NORMATIVO

Este apartado tiene como objetivo determinar la normativa de aplicación para la terminal proyectada y realzar el esfuerzo legislativo que se está haciendo en el ámbito del GNL. Las principales instalaciones y procesos sujetos a legislación son los siguientes:

- Instalaciones de GNL en tierra
- Transferencia de GNL buque-tierra
- Transporte de GNL por carretera
- Transporte de GNL mediante buques

El orden de prioridad para las normativas de aplicación para el presente documento es el siguiente:

1. Normativas Españolas
2. Otros códigos y normas internacionales de aplicación
3. Especificaciones del proyecto

AENOR es el organismo legalmente responsable del desarrollo y difusión de las normas técnicas en España (Normas UNE), y, además de desarrollar normativas propias de rango nacional, es la encargada de adaptar y aplicar las normativas ISO y EN de obligado cumplimiento en el territorio español. A continuación, se han recopilado las normativas españolas más relevantes relacionadas más directamente con el GNL y su cadena logística.

### 2.1 Instalaciones de GNL en tierra

Entre las normas UNE relativas a la regulación de instalaciones y equipos relacionados para GNL se encuentran las siguientes, siendo la mayor parte de ellas traducción directa de las normas ISO y EN correspondientes:

- UNE-EN 1160:1997 “Características generales del gas natural licuado”.
- UNE-EN 1473:2008 “Diseño de las instalaciones terrestres.” Esta norma es válida para los tipos de plantas siguientes: las plantas de exportación/importación de GNL (entre la planta y el *manifold* del barco); y

las plantas de almacenamiento estratégico de GNL (con capacidad de licuefacción, regasificación y almacenamiento).

- UNE-EN 13645:2003 “Diseño de instalaciones terrestres con capacidad de almacenamiento comprendida entre 5 t a 200 t”. Las instalaciones cubiertas por esta norma incluyen, tanto plantas satélites de almacenamiento-regasificación de GNL, como estaciones de abastecimiento de GNL para vehículos terrestres (coches, camiones, o FFCC).
- UNE-EN 14620-1:2008 “Diseño y fabricación de tanques de acero cilíndricos, verticales y de fondo plano, construidos en el lugar de emplazamiento para el almacenamiento de gases licuados refrigerados con temperaturas de servicio entre 0 °C y -165 °C. Parte 1: Generalidades”.
- UNE 60210:2011 “Plantas satélite de gas natural licuado (GNL)”. Esta norma, Incorporada al Real Decreto 919/2006 (de 28 de julio, por el que se aprueba el Reglamento técnico de distribución y utilización de combustibles gaseosos y sus instrucciones técnicas complementarias ICG 01 a 11), en la forma de la ITC-IGC-04, tiene por objeto fijar los requisitos técnicos esenciales y las medidas de seguridad que deben observarse referentes al diseño, construcción, pruebas, instalación y utilización de las plantas satélite de GNL (plantas de GNL con capacidad de almacenamiento de menos de 1000 m3).

## **2.2 Transferencia de GNL buque-tierra**

Las siguientes normas recogen las especificaciones para el diseño de los brazos de transferencia de GNL buque-tierra, así como los requisitos de seguridad y los procedimientos de inspección. Sin embargo, no incluyen los detalles para el diseño por lo que no son válidas para homogenizar y estandarizar todos los sistemas y equipos disponibles

- UNE-EN 1474-1:2009 “Instalaciones y equipos para gas natural licuado. Diseño y ensayos de sistemas de trasvase marino. Parte 1: Diseño y ensayos de los brazos de carga/descarga.”
- UNE-EN 1474-2:2009 “Instalaciones y equipos para gas natural licuado. Diseño y ensayo de sistemas de trasvase marino. Parte 2: Diseño y ensayos de tuberías flexibles de trasvase.”



- UNE-EN 1474-3:2009 “Instalaciones y equipos para gas natural licuado. Diseño y ensayos de sistemas de trasvase marino. Parte 3: Sistemas de trasvase marino.”
- UNE-EN ISO 28460:2011 “Industrias del petróleo y del gas natural. Instalaciones y equipamiento para gas natural licuado. Interfaz tierra-navío y operaciones portuarias.”

## 2.3 Transporte de GNL

En cuanto a la legislación y normativa relativa al transporte del GNL por carretera, cabe destacarse la siguiente legislación de ámbito nacional:

- Ley 16/87 de 30 de julio, de Ordenación de los Transportes Terrestres. (BOE 31). (Última modificación: Ley 9/2013, de 4 de Julio).
- Ley Orgánica 5/87, de 30 de Julio, de delegación de facultades del Estado en las Comunidades Autónomas en relación con los transportes por carretera y por cable. (BOE 31). (Modificada por la Ley Orgánica 5/2013, de 4 de Julio).
- Real Decreto 1211/90, de 28 de septiembre, por el que se aprueba el Reglamento de la Ley de Ordenación de los Transportes Terrestres. (BOE 8-10). (Última modificación: Ley 9/2013, de 4 de julio)

Los buques que transportan GNL deben cumplir principalmente la norma relativa a las condiciones estructurales: IMO IGC Code “International Code for the Construction and Equipment of Ships Carrying Liquefied Gases in Bulk”.

## 2.4 Otras normas de aplicación

La terminal proyectada puede implicar el desarrollo de actividades que pueden considerarse un Servicio Portuario, como es el caso del suministro de GNL como combustible para barcos. En caso de considerarse como tal, las Autoridades Portuarias deberán aprobar un Pliego de Prescripciones Particulares para la prestación de los mismos.

En cuanto a legislación y normativa laboral y de seguridad y salud en relación al GNL, cabe destacar la siguiente legislación de ámbito nacional:

- Ley 31/1995, de 8 de noviembre de Prevención de Riesgos Laborales, y legislación derivada de ésta. (Última reforma: Ley 54/2003, de 12 de diciembre)
- Real Decreto 39/1997, de 17 de enero. Reglamento de los Servicios de Prevención.
- Real Decreto 681/2003, de 12 de junio, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores expuestos a los riesgos derivados de atmósferas explosivas en el lugar de trabajo.

Por último, cabe destacar que las Autoridades Marítimas son las responsables de autorizar las instalaciones para abastecimiento de combustible GNL a buques, y colaboran en el desarrollo de los marcos normativos adecuados para la toma de combustible GNL desde una gabarra a un buque mercante o de pasajeros.

### 3 ANÁLISIS DE LAS RESTRICCIONES

El estudio de las restricciones asociadas al uso de las infraestructuras portuarias permite, de forma general, sentar las bases para el análisis de las características de la cadena logística asociada a la implantación de una terminal de GNL de pequeña escala en Catalunya.

Más concretamente, se definirán las restricciones ambientales, las restricciones asociadas a los agentes físicos y climáticos, al diseño en planta y alzado y a la seguridad. Además, se contextualizarán los antecedentes del gas natural en la zona objeto de estudio, así como los gaseoductos existentes en ésta. El análisis permitirá establecer de forma conceptual restricciones de tipo técnico que pueden condicionar la preselección de terminales de carga y descarga de GNL, e identificará las principales restricciones que deberán ser contempladas para el futuro desarrollo de la terminal proyectada.

#### 3.1 Restricciones técnicas

##### 3.1.1 Restricciones asociadas a los agentes físicos y climáticos

La restricción a efectos de limitación climática, viene dada por un valor umbral para que la operatividad sea segura. Las restricciones meteoceánicas son las debidas a las acciones asociadas al viento y el oleaje, (agentes principales), la visibilidad (presencia de nieblas o periodos de luz diurna) y las corrientes.

El valor umbral para los agentes principales que afectan a un atraque marítimo se establece generalmente a partir del análisis específico de acciones que afectan al buque durante las maniobras de aproximación, atraque, permanencia en amarre y desatraque. No obstante, a nivel preliminar se pueden emplear para el diseño los valores recomendados por normas de diseño como la ROM [1]. En la Tabla 1 se resumen los valores que se consideran para determinar las restricciones de operatividad de buques de GNL con capacidades inferiores a 60.000m<sup>3</sup> debido a agentes climáticos y océano-meteorológicos.

**Tabla 1. Valores umbral de los agentes climáticos y océano-meteorológicos que generalmente se adoptan como limitativos según la ROM para buques de GNL con capacidades inferiores a 60,000 m<sup>3</sup>.  
Fuente: ROM 2.0-11**

ESCENARIO	V10, 1min (m/s)		Corrientes (m/s)		Hs (m)	
Permanencia en atraque	Longitudinal	30.0	Longitudinal	2.0	Longitudinal	3.0
	Transversal	25.0	Transversal	1.0	Transversal	2.0
Carga y Descarga	Longitudinal	22.0	Longitudinal	1.5	Longitudinal	1.2
	Transversal	16 .0	Transversal	0.5	Transversal	0.8
Maniobra de atraque	Longitudinal	17.0	Longitudinal	1.0	Longitudinal	2.0
	Transversal	10.0	Transversal	0.1	Transversal	1.5

Sin embargo, cabe destacar que el presente estudio tiene por objetivo implantar una terminal en la ya existente infraestructura portuaria catalana y en éstas no se han detectado problemas notorios en lo que se refiere al viento ni al oleaje. Además, debido al tráfico moderado esperable no es relevante determinar el número de atraques necesario ya que únicamente se prevé uno. Por este motivo, no se considerará la operatividad un criterio de decisión a la hora de determinar el emplazamiento. Para otros casos en los que se extrapolara el modelo considerado, cada terminal podría ser objeto de un análisis detallado del oleaje a partir de fuentes de datos de oleaje y/o viento de alta calidad, mediante el empleo de modelos numéricos de propagación.

Otro factor que restringirá las operaciones con buques de GNL será la visibilidad. Ésta no deberá ser inferior a 1.000 m para permitir las distintas operaciones previstas.

### 3.1.2 Restricciones asociadas al diseño en planta y alzado

Cabe destacar que se contemplará únicamente el diseño en planta terrestre, quedando fuera del alcance las plantas offshore por no estar alineadas con el objetivo de garantizar un suministro fiable de gas a la región objeto de estudio mediante el uso de infraestructuras portuarias existentes.

De forma preliminar, se prevé necesario considerar unas superficies mínimas que permitan albergar las instalaciones terrestres de descarga de GNL. Dado que se prevé que la nueva terminal terrestre de descarga de GNL albergue un área de almacenamiento de GNL, un área de servicios auxiliares y de edificios administrativos, la superficie mínima deberá ser de 6.500 m<sup>2</sup>.

Por otro lado, las distancias recomendadas de seguridad a mantener respecto a industrias y zonas residenciales desde el límite del cerramiento exterior de la parcela de la terminal y de la planta de regasificación son, en base a los estándares de diseño europeo y las características *small scale* de la terminal, las siguientes:

- Distancia respecto a industrias del sector de petróleo: 200 metros
- Distancia respecto a otras industrias: 300 metros
- Distancia mínima respecto a núcleos residenciales: 500 metros aproximadamente.

Por lo que se refiere a la planta de maniobra y área de reviro, en base a lo indicado en las recomendaciones del PIANC [2], se pueden establecer provisionalmente los requisitos mínimos para determinar el área en planta para maniobra y reviro como dos veces la eslora del buque de diseño.

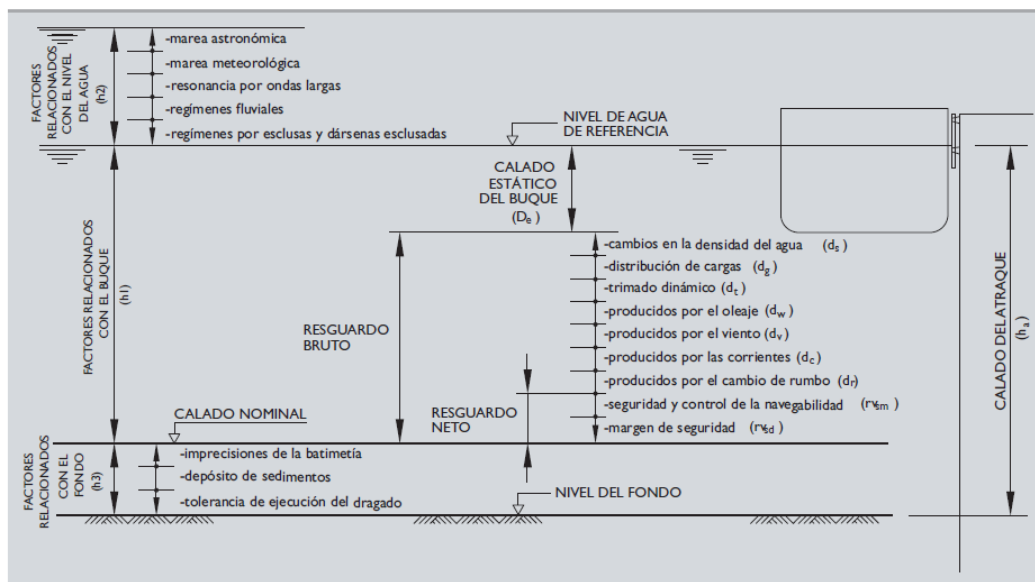


Figura 1. Factores que inciden en la definición del calado en la línea de atraque. Fuente: ROM

En referencia al entorno de seguridad del buque de GNL atracado respecto a buques de tránsito e infraestructuras existentes, en áreas congestionadas y en base a otros proyectos de características similares, generalmente se prohíbe el tránsito de buques a 25 m a proa y a popa, y 50 m a babor y a estribor del buque GNL, excepto cuando así se autorice expresamente por Capitanía Marítima. Sin embargo, en el PIANC [2], estas distancias se amplían considerablemente (del orden del doble) siendo la distancia mínima entre un buque GNL y cualquier obstáculo de 30 y 100 m en longitudinal y entre 100 y 300 m en transversal.

Por otro lado, el calado de diseño a considerar en las terminales de carga y descarga de GNL se determina en base a la ROM 2.0-11 Recomendaciones para el Proyecto y ejecución en Obras de Atraque y Amarre [1]. Los principales factores que inciden en la definición del calado en la línea de atraque son los expuestos en las Figura 1 y Figura 2.

	BUQUE DE CALADO MÁXIMO EN LA PEOR SITUACIÓN DE CARGA DE LA FLOTA ESPERABLE EN EL ATRAQUE	$h_1$ 2)	$h_3$
OBRAS DE ATRAQUE SITUADAS EN ÁREAS ABRIGADAS	Buques de gran desplazamiento ( $\geq 10.000$ t)	$1,08 D_e$	1,00 m
	Buques de desplazamiento pequeño y mediano ( $< 10.000$ t)	$1,05 D_e$	0,75 m
OBRAS DE ATRAQUE SITUADAS EN ÁREAS POCO ABRIGADAS	Buques de gran desplazamiento ( $\geq 10.000$ t)	$1,12 D_e$	1,00 m
	Buques de desplazamiento pequeño y mediano ( $< 10.000$ t)	$1,10 D_e$	0,75 m
<b>Notas</b> (1) Esta formulación tiene validez siempre y cuando los valores de compatibilidad de las variables climáticas en el emplazamiento compatibles con el nivel de referencia adoptado para las aguas exteriores ( <i>ventana de marea operativa o, en su caso, extraordinaria</i> ) no den lugar a condiciones límite de permanencia del buque en el atraque clasificadas como Tipo III de acuerdo con lo dispuesto en la tabla 4.6.4.49 de esta Recomendación. (2) En cualquier caso el resguardo bruto mínimo ( $h_1 - D_e$ ) debe ser de 0,50 m para obras de atraque de uso comercial, industrial y militar y de 0,30 m para obras de atraque de uso pesquero y deportivo. No obstante lo anterior, cuando se prevean socavaciones importantes causadas por la acción de las hélices, del oleaje u otras causas, el resguardo bruto mínimo habrá de aumentar hasta 1,00 m. Si se colocan elementos de protección contra dichos efectos, éstos se situarán como mínimo a 0,75 m por debajo del nivel nominal del fondo.			

Figura 2. Factores para determinar el calado en el atraque. Fuente: ROM 2.0-11

En base a lo anterior y considerando obras de atraque situadas en áreas abrigadas, para los buques de diseño identificados de forma preliminar ( $<10.000$  t) se tienen las características indicadas en la Tabla 2 en relación a el área de reviro y al calado de diseño respecto al nivel mínimo de mar.

Tabla 2. Características de los buques de diseño y restricciones asociadas

Nombre	Capacidad (m3)	Eslora (m)	Manga (m)	Calado de diseño (m)	$h_1$ (m)	$h_3$ (m)	Calado en muelle (m)	Área de reviro (m)
Pioneer Knutsen	1.100	69	12	3,6	3,78	0,75	4,53	138
TGA LNG Bunker Supply Vessel	3.000	98,6	14,2	4	4,2	0,75	4,95	197,2
TGA LNG Storage Barge	4.000	58,1	22,4	-	-	0,75	-	116,2
Deltamarin LNG Carrier	5.000	111,1	16,8	4,7	4,94	0,75	5,685	222,2

### 3.1 Restricciones ambientales

Según el Informe de Sostenibilidad Ambiental del Pla de Ports de Catalunya 2016-2030 emitido para Información pública [3], gran parte del litoral catalán está incluido en alguna figura de protección de espacios naturales. Una superficie de 105 km<sup>2</sup> (41%) de la franja litoral de 500 m está incluida en la red Natura 2000 y al PEIN. De entre éstos, 72 km<sup>2</sup> cuentan además con la figura de protección de Espacios Naturales de Protección Especial (Parques Naturales, Reservas Naturales o Parajes Naturales de Interés Nacional).

En la implantación de nuevas instalaciones portuarias para la carga y descarga de GNL deberá contemplarse la posible afectación a espacios naturales protegidos. Es necesario, por lo tanto, identificar el conjunto de espacios protegidos dentro de las áreas de influencia de los distintos emplazamientos considerados. La diagnosis ambiental del Informe de Sostenibilidad Ambiental comprende una ficha para cada una de las instalaciones incluidas en el sistema portuario catalán. En las fichas se incluye una matriz de caracterización con los distintos elementos ambientales presentes en cada uno de los puertos. Éstas permiten identificar que permite identificar los espacios naturales protegidos o de relevancia ambiental en los cuales se debe evitar cualquier afectación a los valores que han motivado su declaración.

### 3.2 Otras restricciones

#### 3.2.1 Restricciones de seguridad

Para determinar el entorno de seguridad de peligro por incendio de derrame (*pool fire*) producido por una fisura en algún sistema de almacenamiento de GNL con ignición inmediata del mismo se recurre a la publicación del SAND 2011-9415 [4]. Se establece que, para operaciones con grandes buques de GNL en condiciones *near-shore* y para niveles de radiación de 5 kW/m<sup>2</sup> (correspondiente al nivel en el que se producen quemaduras de segundo grado sobre la piel después de 30 segundos de exposición), la distancia de seguridad deberá ser de 1.289 m. Estos valores deben considerarse solamente como orden de magnitud ya que deben ser evaluados para cada caso específico. En el caso de estudio y por tratarse de buques de pequeña escala, las distancias podrían ser inferiores a las indicadas.

En la publicación del SAND2008-3153 [5], se ofrece una estimación de este entorno de seguridad por dispersión de vapor de GNL para instalaciones costeras. Se establece que, para una velocidad de viento de 2,33 m/s y con un evento de fisura de 5 m<sup>2</sup> en un tanque de almacenamiento, las distancias de seguridad para el límite inferior inflamable estarían en el orden de 2.800 hasta 3.000 m del punto del accidente. A distancias superiores la concentración de metano en el aire no representaría un riesgo para la salud pública. En el caso que nos ocupa y en base a las reducidas capacidades de almacenamiento que se prevén, las distancias de seguridad podrían ser menores.

Por último, la detección de amenazas y la adopción de medidas preventivas en los buques e instalaciones portuarias resulta un punto crítico para el óptimo funcionamiento de las terminales. El ISPS Code [6] es un código adoptado por la OMI que establece un marco internacional que prescribe las obligaciones de los gobiernos, buques y puertos.

El apartado 14.2 de éste indica todas las actividades que tienen que llevar a cabo las instalaciones portuarias a fin de identificar y tomar las medidas preventivas necesarias contra los sucesos que afecten a la protección:

- Garantizar la ejecución de todas las tareas relacionadas con la protección de la instalación portuaria;
- Controlar el acceso a la instalación portuaria;
- Vigilar la instalación portuaria, incluidas las zonas de fondeo y atraque;
- Vigilar las zonas restringidas a fin de que solo tengan acceso a ellas las personas autorizadas;
- Supervisar la manipulación de la carga;
- Supervisar la manipulación de las provisiones del buque, y
- Garantizar la disponibilidad inmediata de los medios para las comunicaciones sobre protección

### 3.2.2 Restricciones asociadas a la red de transporte existente

Dado que se prevé la distribución de GNL en el territorio únicamente mediante camiones cisterna, es imprescindible disponer de un acceso a la red viaria existente. Este factor no es condicionante para el presente caso de estudio ya que, al implantar



la nueva terminal en la infraestructura portuaria existente, todas las zonas ya disponen de acceso a la red viaria.

### 3.3 Red de gas en Catalunya

Catalunya tiene una larga trayectoria en el consumo de gas natural desde que en 1969 entró en operación la primera planta de regasificación de gas natural de España situada en el muelle de inflamables del Puerto de Barcelona. Dado que España no dispone de yacimientos significativos, prácticamente todo el GN consumido en el territorio se importa.

Aproximadamente la mitad del gas importado se transporta mediante las conexiones por tuberías terrestres y submarinas existentes. Las terrestres conectan España con Portugal (por Tuy y Badajoz) y los Pirineos con Francia (por Larrau e Irún) mientras que las submarinas llegan desde Argelia a Almería y desde Marruecos a Tarifa.

El resto es transportado por grandes barcos metaneros hasta las 6 regasificadoras de GNL actualmente en funcionamiento en España: Huelva, Cartagena, Sagunto, Barcelona, Bilbao y Mugardos. La estructura de la red de gas española se muestra en la Figura 3, donde se aprecian las 6 plantas de regasificación en funcionamiento además de la de El Musel (ubicada en Gijón, construida pero no operativa), de las dos planificadas en las Islas Canarias y de las entradas y salidas de la red de gaseoductos.

Concretamente, las características principales de las infraestructuras gasistas en Catalunya son las siguientes:

- Planta de regasificación de Barcelona, cuyas características se muestran en la Tabla 3.
- Gasoductos:
  - Tivisa-Barcelona: 531,28 km
  - Eje Levante: 1.143,86 km (de los cuales aproximadamente unos 100 km en Catalunya)
  - Valle del Ebro: 1.400,37 km (de los cuales aproximadamente 150 km en Catalunya)
- Estaciones de compresión:
  - Bañeras: 1.125 KNm<sup>3</sup>/h de caudal autorizado
  - Tivisa: 800 KNm<sup>3</sup>/h de caudal autorizado

Tabla 3. Características de la planta de Enagás de Barcelona

Actividad			Capacidades nominales		
GNL descargado	37,9	Twh	Atraque	87.600; 266.000	m3 GNL
	51	buques	Nº tanques GNL	6	
Origen GNL descargado	37%	Argelia	Capacidad	760.000	m3 GNL
	25%	Qatar	tanques	5.206	
	12%	Nigeria	Capacidad	1.950.000	m3 (n)/h
	8%	Noruega	vaporizadores	544	GWh/día
	6%	T & T	Carga cisternas	1.274.789	m3/día
	12%	Otros		15,12	GWh/día

El aumento en el consumo de gas natural de los últimos años ha sido consecuencia de la implantación de nuevas centrales de ciclo combinado tanto en Catalunya como al resto del Estado para la generación de energía eléctrica y también, aunque en menor medida, al incremento en el uso del GN para el consumo final. El aumento del consumo y la dependencia de dicha fuente energética en Catalunya han propiciado una planificación del desarrollo de la red básica de gas natural con un marcado carácter estratégico. Así, debido al futuro incierto en el suministro de gas natural y a la necesidad de garantizar un suministro fiable a unos precios adecuados de acuerdo con el artículo 4 de la Ley 34/1998 del Sector de los Hidrocarburos, la planificación en materia de hidrocarburos es de carácter obligatorio por lo que se refiere a la red básica y a la red de transporte secundario. La planificación la realiza el Estado con la participación de las Comunidades Autónomas que, en el caso de Catalunya, es la *Administració Energètica Catalana*. Se pone, por lo tanto, de manifiesto que las infraestructuras de gas natural no tienen únicamente un marcado carácter estratégico para Catalunya, mas también para el conjunto del Estado tal y como se destaca en el Pla d'Energia de Catalunya 2012-2020 [7].

Por lo que se refiere a la actividad de comercialización del gas natural, cabe destacar que en el año 2000 aparecieron en España las primeras empresas comercializadoras con la liberación del mercado. El suministro liberalizado permite al cliente ser suministrado por un comercializador mediante un contrato de suministro o bien comprar directamente el gas en el mercado suscribiéndose a un contrato de acceso a las instalaciones de transporte y distribución del gas.



Figura 3. Sistema gasista español. Fuente: Enagás

## 4 LOGÍSTICA DEL GNL

El estudio de las restricciones asociadas al medio físico permite, de forma general, sentar las bases para el análisis de las características de la cadena logística de este estudio y, en particular, la estructura de la cadena de suministro y de costes.

### 4.1 Cadena de suministro

La gestión logística del Gas Natural lleva implícita la planificación, la programación y el seguimiento de distintas actividades para permitir el suministro de gas al cliente final. La gestión logística de dicho carburante en su estado gaseoso (Gas Natural) y en su estado líquido (Gas Natural Licuado) tiene por objetivo generar un balance que permita atender la demanda y optimizar los distintos procesos. La Figura 4 muestra la cadena logística del GNL, ésta se divide en distintas etapas en función de las actividades que se desarrollan:

- Exploración y Producción
- Transporte y Distribución
- Comercialización

#### 4.1.1 Exploración y producción

La experiencia acumulada y los estudios de exploración realizados en las zonas donde el suelo presenta unas características favorables para la acumulación de hidrocarburos permiten detectar la presencia de bolsas de gas en el subsuelo. Los yacimientos a altas profundidades del subsuelo pueden estar ubicados tanto en tierra firme como en el mar y en función de si el gas natural se encuentra mezclado con otros hidrocarburos o gases del yacimiento se considera que está libre o asociado. Cuando el gas natural se encuentra en capas más superficiales, éste suele estar asociado al carbón.

Sin embargo, la exploración no se limita únicamente a detectar la ubicación de yacimientos de gas, es necesario conocer entre otros su volumen, su composición química o la presión a la que se encuentra para evaluar la rentabilidad de su explotación. Determinada la cantidad y la calidad del gas natural, se considera una

“reserva probada”, se calcula una estimación del consumo esperado y se desarrolla un plan de explotación.

Comprobadas las condiciones técnicas y la rentabilidad económica de la explotación del yacimiento se realiza la perforación del mismo mediante torres de perforación. Los yacimientos se localizan, generalmente entre 1,5 y 4 km de profundidad y para su perforación, la técnica más convencional utilizada es la de rotación directa. Ésta permite que la materia perforada sea extraída hacia la superficie a través del propio brazo perforador.

En el caso de tratarse de un yacimiento asociado, el gas debe ser extraído mediante elevación mecánica mientras que, si se trata de un yacimiento libre, el gas brota de forma natural hacia la superficie y se simplifican los trabajos. Tanto la exploración como la extracción son actividades temporales, que debido a su impacto ambiental implican adoptar un conjunto de medidas de prevención y corrección para restituir el entorno a su estado natural una vez terminados los trabajos. Cuando un yacimiento se da por agotado, se desmantelan y se retiran los equipos y los pozos son o bien sellados o bien empleados como almacenamientos naturales de gas.

Para el transporte y comercialización del gas natural extraído del yacimiento es necesario su procesado. En primer lugar, se realiza un tratamiento separando los gases que no tienen aporte energético como el nitrógeno o el CO<sub>2</sub> y se filtran los elementos que pueden provocar accidentes durante la combustión del gas natural o interferir en el proceso de enfriamiento del gas. A continuación, dado que el caso estudiado implica el transporte por mar, es necesario llevar a cabo el proceso de licuefacción que reduce el volumen del gas natural unas 600 veces. La licuefacción conlleva una primera fase de enfriamiento y condensación del gas natural hasta una temperatura de aproximadamente -160°C y una segunda fase en la que se disminuye la presión cerca de la presión atmosférica entre 10 y 300 mbar.

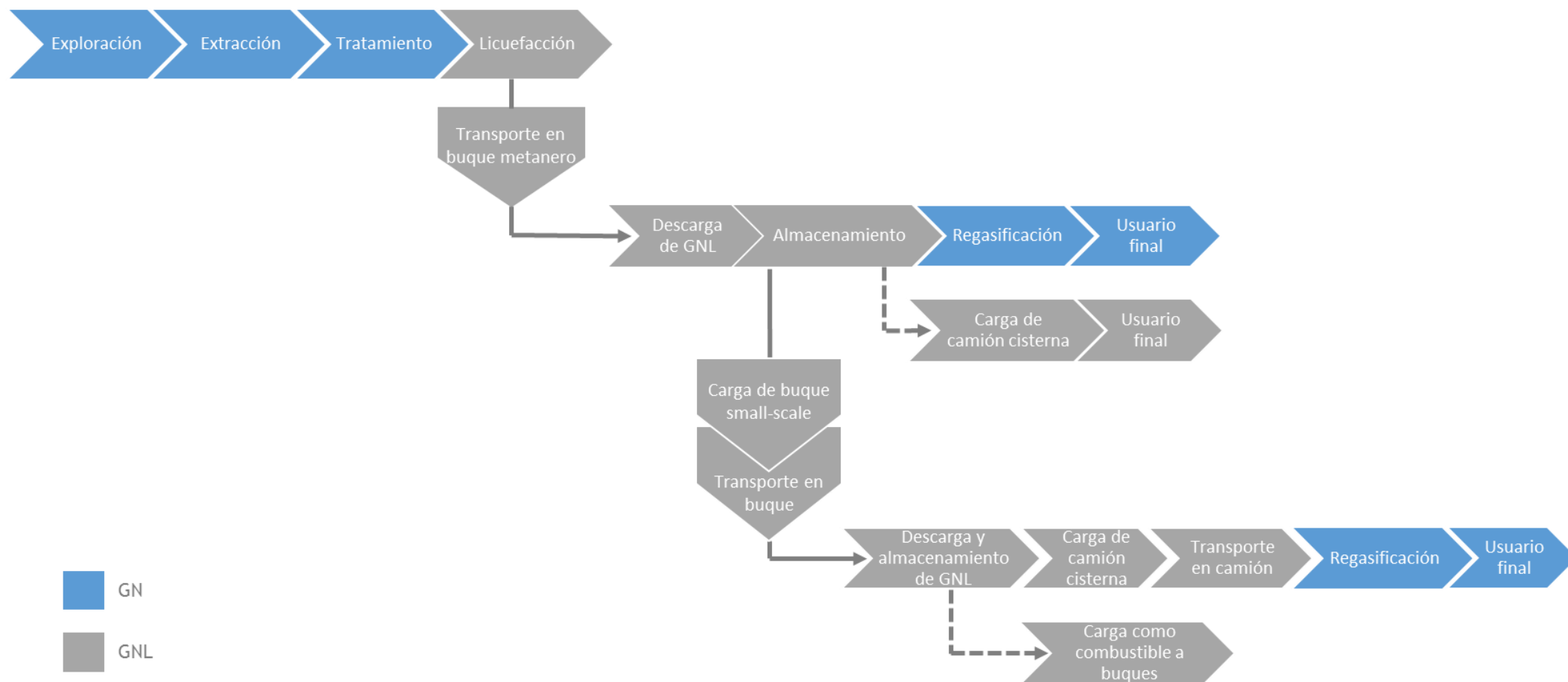


Figura 4. Cadena logística del GNL

#### 4.1.2 Transporte y Distribución

Como ya se ha avanzado, para el caso estudiado el transporte de gas natural en fase líquida es el que resulta más ventajoso. Por un lado, a nivel económico dado que las reservas de gas se encuentran a importantes distancias de la zona de consumo, resulta más rentable el transporte mediante buques metaneros que el transporte a través de gaseoductos. Por otro lado, al no vincular puntos de consumo con determinados orígenes mediante gaseoductos, se favorece la diversificación de orígenes. De este modo, aumenta la competencia en el mercado y se reduce el riesgo de suministro.

El transporte de GNL para el caso estudiado comprende tanto el transporte marítimo como el transporte terrestre. Mediante el transporte marítimo se lleva el GNL desde las zonas de producción hasta las zonas de consumo donde es descargado en tanques de la instalación portuaria. El transporte marítimo se realiza mediante buques metaneros que han sido diseñados con el exclusivo propósito de transportar y descargar GNL. Éstos llevan incorporados unos tanques de membrana o esféricos y para su propulsión tienen la capacidad de consumir el propio gas evaporado en los tanques.

Dado que los buques metaneros deben descargar la totalidad de la capacidad de sus tanques a la planta de destino y que las plantas de GNL *small scale* consideradas en este estudio son de pequeña capacidad, los buques descargados deberán ser de pequeñas dimensiones. Por este motivo, el transporte de GNL desde su origen hasta la planta de destino *small scale* se hará en dos etapas. En una primera etapa el GNL será transportado mediante buques de gran capacidad hasta la planta de Barcelona de ENAGAS donde se almacenará. Posteriormente se cargará un buque metanero de dimensiones menores en el muelle de Enagás habilitado para buques de hasta 87.600 m<sup>3</sup> y se transportará el GNL hasta la planta *small scale*. En una etapa madura se podría plantear la opción de buques que provienen directamente de una planta de licuefacción extranjera hasta la instalación que se plantea, evitando así la rotura de carga que se produce en las instalaciones de Enagás y reduciendo el coste de la cadena de transporte.

Una vez descargado el GNL en los tanques criogénicos de almacenamiento de la planta *small scale* se distribuirá para su consumo. En caso de que el GNL no sea consumido en la propia terminal portuaria como combustible para embarcaciones, se transportará mediante camiones cisternas hasta los usuarios finales. Allí será almacenado y

regasificado para ser consumido por los propietarios de la planta de regasificación o distribuido a terceros mediante gaseoductos.

#### **4.1.3 Comercialización**

La comercialización comprende la compra de gas a los productores para ser vendidos en libre competencia a otras comercializadoras y al cliente final. En esta etapa se planifican y se negocian las condiciones de transporte y distribución con los distintos operadores del mercado gasista para optimizar costes.

La eficiencia del balance de gas depende de una gran variedad de activos, de las infraestructuras (pudiendo ser éstas propias o de terceros) y de sus condiciones de uso. Otros factores determinantes son la cartera de aprovisionamientos y las previsiones de demanda de gas de clientes. Éstos están particularmente sujetos a la incertidumbre geopolítica y a la del propio mercado.

Este contexto pone de relevancia la necesidad de sistematizar y optimizar la logística a implementar para lograr una mayor eficiencia en el proceso y en sus costes asociados. Al mismo tiempo, mediante la gestión activa, es posible dotar al sistema de flexibilidad suficiente para adaptarlo e implementarlo en otros mercados atractivos con diferentes esquemas. Por último, la gestión logística presenta oportunidades económicas y estratégicas en términos de reducción de costes y riesgos que permiten aumentar la rentabilidad del sistema.

### **4.2 Estructura de costes**

La gestión logística del Gas Natural es un proceso extenso que implica una inversión intensiva y la coordinación con distintos agentes. Los costes de dicho proceso se deducen de las distintas actividades y de los riesgos asociados a éstas.

En primer lugar, la estructura requiere una coordinación con los distintos agentes. Ésta conlleva unos costes internos en términos de recursos humanos y sistemas. Además, asociados a dicha actividad, existen unos riesgos ligados a ciertos problemas operativos que pueden derivarse de un error de programación y causar pérdidas económicas.

Por otro lado, las distintas actividades como el transporte, el almacenamiento, o la regasificación llevan asociadas costes relevantes en términos de peajes y cánones. A



título orientativo, los costes logísticos pueden llegar a representar el 10% de los ingresos por comercialización para el caso de clientes industriales.

Dado que la mayor parte de las actividades que constituyen la cadena de valor del gas se desarrollan en el país importador en el que tiene lugar el suministro al cliente final, los costes más relevantes son aquellos asociados a su comercialización.

Costes de las actividades de la cadena del gas:

- **Exploración y Producción:** estos proyectos requieren elevadas inversiones de capital iniciales cuyo retorno está sujeto a las variaciones de venta del gas y a los distintos riesgos asociados. Los costes de la materia prima están, en definitiva, marcados por los costes de inversiones en ingeniería, los gastos operativos en equipo técnico y humano, los impuestos para obtener los derechos de explotación, el margen del productor y la situación del mercado.
- **Transporte y Distribución:** las principales variaciones en los costes de transporte están sujetas a la planificación y a la programación de los buques. Factores relevantes a tener en cuenta aparte de la previsión de demanda son las restricciones técnicas y de tráfico portuario, ya que existen ciertas limitaciones de descarga. Los costes de esta etapa son principalmente aquellos relacionados con las mermas sufridas durante su transporte, el propio flete y los seguros.
- **Comercialización:** de forma directa o indirecta, los costes soportados por el comercializador son los referidos al aprovisionamiento (compra del gas en los mercados internacionales, fletes y seguros), los derivados de los cánones y peajes (de almacenamiento, descarga de buques y carga de cisternas) y aquellos implícitos en la actividad propiamente de comercialización (gastos operativos y de gestión).

Las economías de escala desempeñan un rol importante en la logística del GNL. Por un lado, los menores costes unitarios se consiguen recurriendo a mayores plantas de licuefacción, mayores buques metaneros y mayores terminales. Sin embargo, por otro lado, los consumidores de menor tamaño no tienen capacidad para acceder a grandes terminales o recibir buques de gran tamaño en pequeños puertos, por lo que se genera la necesidad de una cadena logística de mediana/pequeña escala para actuar de intermediario y facilitar el acceso.

Dado que el presente esquema logístico considera la compra de GNL a la planta de Enagás de Barcelona, los costes de exploración y producción serán asumidos por éste en una primera instancia y se transferirán en la venta de GNL. Del mismo modo, los costes del trayecto desde el lugar de origen de producción de GNL a la terminal de Enagás quedarán integrados en el precio de venta, mientras que los del trayecto desde el Puerto de Barcelona hasta la planta *small scale* se asumirán de forma directa por la propia terminal de pequeña escala. Al mismo tiempo, ésta deberá asumir los costes de construcción y explotación de la planta *small scale*. Por otro lado, los costes asociados al transporte mediante camiones cisterna hasta las plantas satélite de regasificación serán asumidos directamente por el propio consumidor del gas natural, así como la construcción y explotación de la planta regasificadora. Los distintos costes quedarán reflejados en el precio de venta del GNL al consumidor final.

El esquema logístico descrito permite desglosar el precio de venta del gas en las distintas fases según la actividad que desarrolla cada agente de la cadena. Así, cada uno de los agentes que lleva a cabo una de las citadas actividades de la cadena del gas asume unos ciertos costes y riesgos de inversión que espera recuperar con un determinado margen asociado.

## 5 DEMANDA

Una vez determinadas las principales infraestructuras y procesos que vertebrarán el sistema logístico alrededor de la terminal *small scale* de descarga de GNL, se pone de manifiesto la necesidad de estimar la demanda a la que éstos deberán dar respuesta. La demanda será el factor que permitirá el dimensionamiento de las infraestructuras y la contratación a terceros de los servicios involucrados en la cadena de valor.

El análisis de la demanda se basará en la necesidad real del GNL en las distintas modalidades de consumo. El estudio de la demanda partirá de la recopilación de datos disponibles para el análisis de la demanda de GNL (satisfecha e insatisfecha) en los distintos sectores. Se estructurará en dos etapas: una primera etapa donde se analizará la demanda hasta la actualidad y una segunda etapa en la que, en base a las tendencias, se estimará la demanda futura.

### 5.1 Análisis de la demanda actual

El análisis de la demanda actual pretende ser una fotografía representativa del contexto del GNL en los distintos sectores en los cuales éste tiene incidencia. Con la finalidad de dotar de una mayor representatividad a los datos, también se tendrán en cuenta datos de años anteriores que faciliten la extrapolación para estimar posibles futuras tendencias. Los datos analizados serán tanto autonómicos como nacionales según la disponibilidad y el interés. Se tendrá especialmente en cuenta la logística y los clientes potenciales que intervendrían en una terminal *small scale* de GNL en las infraestructuras portuarias catalanas.

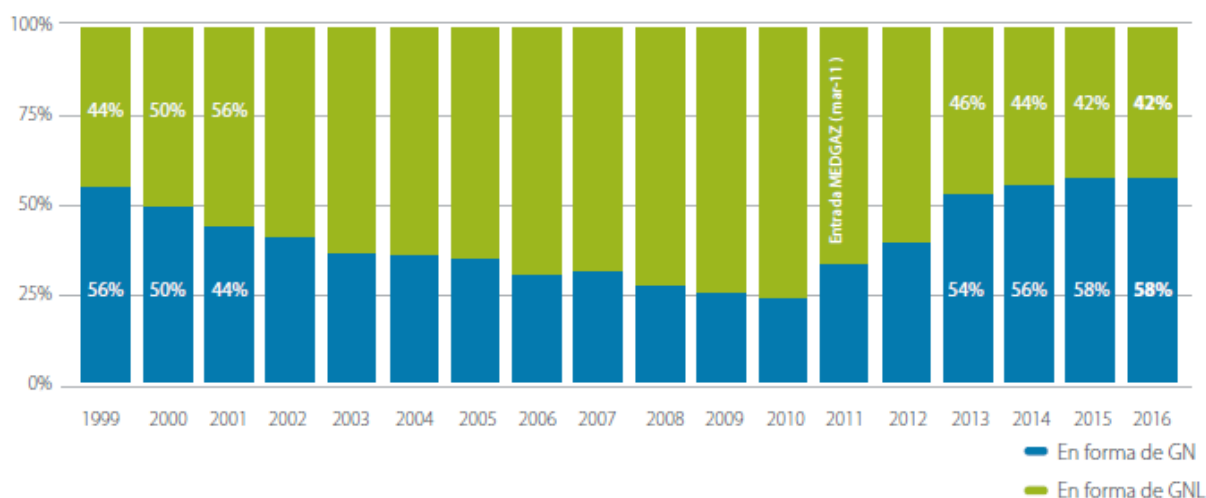


Figura 5. Distribución del aprovisionamiento gasísticos en España. Fuente: Enagás

En primer lugar, analizando los datos estatales, en base a los datos que figuran en el Informe 2016 de ENAGAS [8], se observa que desde hace cuatro años se ha invertido la tendencia en los aprovisionamientos gasísticos en España, siendo actualmente mayores los suministros en forma de gas natural (58%) que en forma de gas natural licuado (42%). Dicho fenómeno se puede apreciar en el gráfico que se muestra en la Figura 5.

Tabla 4. Entradas al sistema gasista español (datos en m<sup>3</sup> correspondientes a los años 2015 y 2016).  
Fuente: Enagás

GWh	2015	2016	2016 s/2015
<b>GN</b>			
CCII Norteafricanas	175.344	<b>173.537</b>	-1%
VIP Pirineos	36.902	<b>37.574</b>	2%
VIP Ibérico	5	<b>8</b>	65%
Nacional	776	<b>674</b>	-13%
<b>Total GN</b>	<b>213.027</b>	<b>211.792</b>	-1%
<b>GNL</b>			
P. Barcelona	36.899	<b>36.022</b>	-2%
P. Huelva	33.143	<b>38.687</b>	17%
P. Cartagena	15.059	<b>11.837</b>	-21%
P. Bilbao	22.914	<b>18.006</b>	-21%
P. Sagunto	27.826	<b>34.998</b>	26%
P. Mugardos	16.520	<b>13.664</b>	-17%
<b>Total GNL</b>	<b>152.360</b>	<b>153.213</b>	1%
<b>Total</b>	<b>365.387</b>	<b>365.005</b>	-0,1%

Tabla 5. Origen de los suministros de GN y GNL a España. Fuente: Enagás

GWh	2015	2016	2016 s/2015
Argelia GN	175.344	<b>173.537</b>	-5%
Argelia GNL	43.401	<b>33.499</b>	-5%
Nigeria GNL	43.324	<b>52.762</b>	22%
Qatar GNL	33.139	<b>28.943</b>	-13%
Perú GNL	10.794	<b>19.797</b>	83%
T&T GNL	12.754	<b>7.660</b>	-40%
Noruega GNL	7.984	<b>8.667</b>	9%
Angola GNL	-	<b>1.040</b>	-
EE. UU. GNL	-	<b>846</b>	-
Portugal GN	5	<b>8</b>	65%
Nacional GN	776	<b>674</b>	-13%
Omán GNL	964	-	-100%
Francia GN	36.902	<b>37.574</b>	2%
<b>Total</b>	<b>365.387</b>	<b>365.005</b>	-0,1%
Cargas de buque	16.007	<b>1.379</b>	-91%

Sin embargo, si se cuantifican las entradas al sistema gasista español y se comparan las del año 2015 con las del año 2016 (ver Tabla 4), se observa un aumento en las entradas en forma de GNL (+1 %) y una disminución en las de GN (-1 %). Destacar la segunda posición que ocupa la planta de Barcelona en volumen descargado el año 2016.

El origen de los suministros se aprecia en la Tabla 5 en las que destaca por segundo año consecutivo el incremento de GNL procedente de Nigeria.

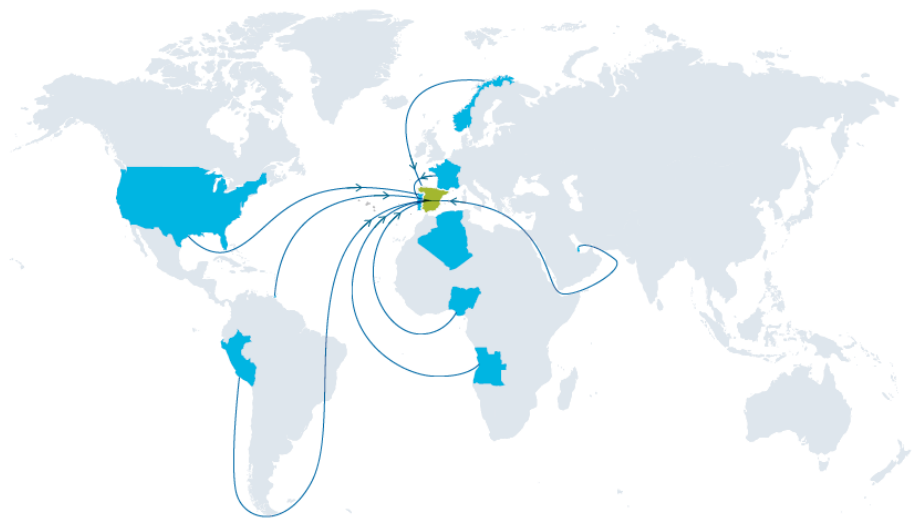


Figura 6. Origen de los suministros de GN y GNL a España. Fuente: Enagás

Concretamente, para la planta de Barcelona, la cual suministrará el GNL a la terminal *small scale* de descarga de GNL proyectada, en la Tabla 6 se observa que el mayor número de descargas proceden de Nigeria.

Tabla 6. Origen del GNL descargado en la planta de Barcelona. Fuente: Enagás

Nº de descargas	Nigeria	Argelia	Qatar	T&T	Noruega	Perú	Angola	EE.UU.	Total	Tamaño medio descargado (GWh)
Barcelona	13	12	10	-	7	2	-	-	44	819

Constatado el aumento en la demanda gasista el pasado año 2016, interesa precisar cuáles fueron los principales consumidores de gas natural. La Tabla 7 muestra que el sector industrial fue el principal consumidor de gas natural con un incremento de demanda del 3,2% respecto el año 2015, en línea con la evolución de la economía española.

Tabla 7. Sectores consumidores de GN en los años 2015 y 2016. Fuente: Enagás

TWh	2015	2016	Δ 2016 vs. 2015	
Demanda	Real	Cierre	TWh/año	(%)
Convencional	253,5	261,8	8,3	3,3%
DC y pymes	60,7	62,6	1,9	3,2%
Industrial	182,1	188,0	5,9	3,2%
Cisternas	10,7	11,2	0,5	4,8%
S. Eléctrico	61,2	59,7	-1,6	-2,6%
<b>Total</b>	<b>314,8</b>	<b>321,5</b>	<b>6,7</b>	<b>2,1%</b>

Los mercados industriales con mayores subidas en el consumo de gas fueron el de la construcción debido sobre todo al auge de la fabricación de productos cerámicos, y el de la electricidad, tal y como se puede apreciar en la Figura 7 donde se resume el consumo nacional por sectores industriales.

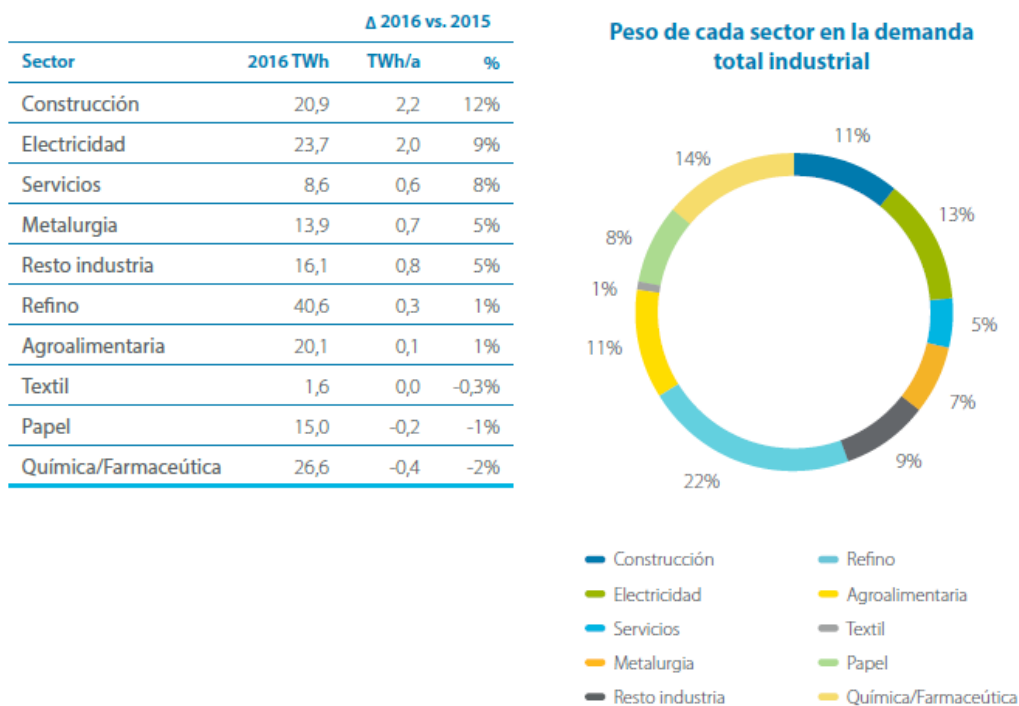


Figura 7. Consumo en España por sectores industriales. Fuente: Enagás

Particularizando para Catalunya, en 2016, a pesar de que vio reducido su consumo de gas, continuó siendo la comunidad autónoma con mayor consumo. En este caso, los sectores que tuvieron una mayor representación en la demanda gasista fueron: refino, producción de electricidad (no incluye generación con ciclos combinados), agroalimentaria, resto de la industria (gran parte industria manufacturera), servicios y textil.

Tabla 8. Consumo de GN de algunos sectores en Catalunya en 2016 (en Twh). Fuente: Enagás

	DC y pymes			Industrial			S. eléctrico			Total demanda gas de emisión		
CCAA	2016	Δ vs 2015		2016	Δ vs 2015		2016	Δ vs 2015		2016	Δ vs 2015	
Cataluña	14,6	-0,1	-1%	34,1	-0,5	-1%	15,9	0,1	1%	64,6	-0,5	-0,3%

Los datos disponibles del sector industrial en Catalunya más recientes son los facilitados por el Institut Català d'Energia del 2014. El periodo de representación de los datos disponibles está fuertemente influenciado por la pasada crisis económica, que afectó especialmente al sector industrial y, por consiguiente, a la demanda energética de éste. Por este motivo, los resultados serán interpretados para identificar los principales sectores de demanda de GN y GNL y analizar la posición respecto a las demás fuentes energéticas. Hecho este preámbulo, la evolución del consumo final de energía en el sector industrial es el representado en las Figura 8 y Figura 9.

A pesar de la gran dependencia que mantiene la demanda energética con la situación económica, observando la representación del gas natural en relación a las demás energías, se aprecia que éste mantiene o aumenta su porcentaje. También es destacable que, en Catalunya, los mayores consumidores de GNL del sector industrial son los productos minerales no metálicos y el sector agroalimentario.

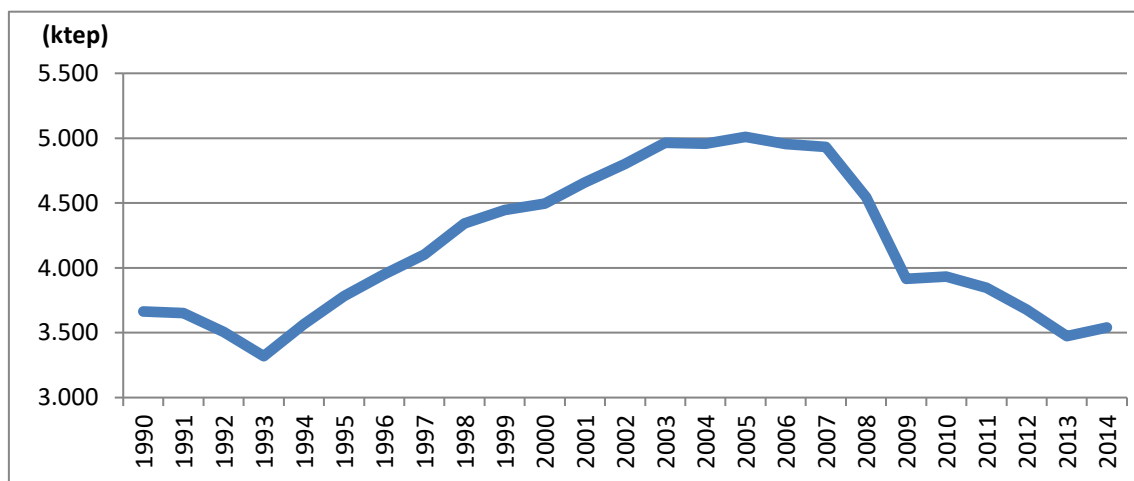


Figura 8. Evolución del consumo energético del sector industrial

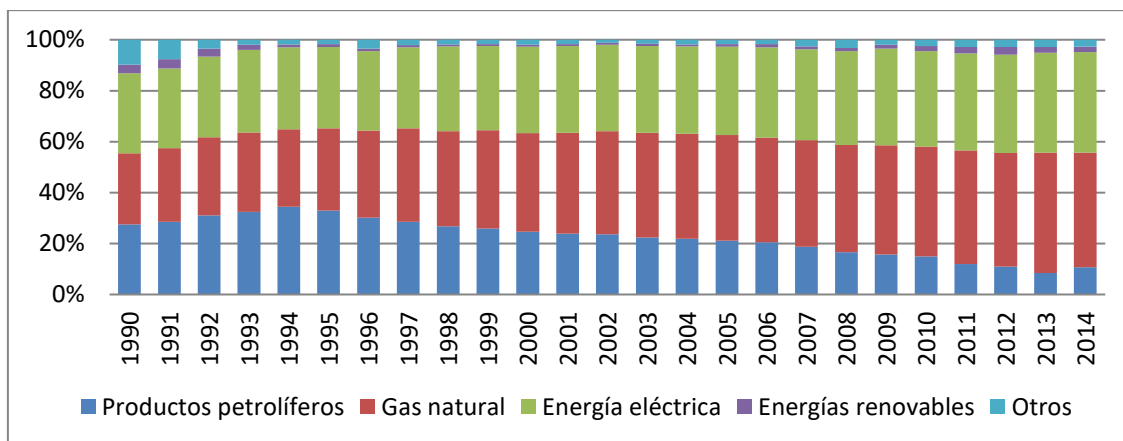


Figura 9. Repartición del consumo energético del sector industrial

## 5.2 Estimación de la demanda futura

Con el fin de completar la estimación de la demanda futura en base al análisis de la demanda actual y de los patrones de evolución, se realizará un análisis de la proyección de los distintos ámbitos del mercado gasístico y de sus áreas de expansión. Éstas son, principalmente, el uso del GNL como combustible para el transporte y en los distintos sectores industriales. Los resultados obtenidos permitirán concluir cuál es la capacidad de captación de mercado de la nueva terminal *small scale* proyectada en base a la evolución de la demanda de GNL en Catalunya.

### 5.2.1 El GNL como combustible

#### 5.2.1.1 *Alimentación de vehículos*

Para la alimentación de vehículos ligeros y de pesados urbanos el gas natural se usa en su forma comprimida (GNC) a aproximadamente 200 bar. En cambio, para vehículos pesados interurbanos se usa en estado licuado (GNL). Debido al importante desarrollo que están teniendo en la alimentación de vehículos, se prevé que el gas natural sea el principal candidato a los combustibles alternativos. Los beneficios del gas natural como combustible son tanto ambientales por su reducción en emisiones como por su ahorro de costes.

En base a los datos obtenidos por el NGVA Europe en 2014, en España había 3.990 vehículos que usaban el GNC como combustible y un total de 86 estaciones de servicio. Según un informe elaborado por GASNAM “Desarrollo del gas natural vehicular en



España: análisis de beneficios y potencial contribución a la economía nacional” [9], el gas natural en el sector del transporte es el que presenta una mayor tasa de crecimiento anual, un 2,9%. El informe Eurogas Roadmap 2050 [10], prevé una sustitución en Europa del 33% del gasóleo consumido en el transporte de mercancías por gas natural para el año 2050, y una sustitución del 13% en el caso del transporte de pasajeros. Además, la Unión Europea ha regulado el desarrollo de infraestructuras para combustibles alternativos indicando una distancia de no más de 150 km entre estaciones de servicio de GNC y de 400 km para las de GNL. Las estaciones de servicio pueden estar directamente conectadas a la red de transporte y distribución o bien transportar el gas mediante camiones cisternas. Ante este contexto, GASNAM ha estimado los tres escenarios de penetración por segmento de transporte por carretera que se muestran en la Figura 10.

Como se aprecia, el segmento de vehículos ligeros es el que presenta un mayor incremento de la penetración en número de vehículos, superando en el escenario base los 660.000 vehículos en 2045, frente a los más de 10.000 vehículos pesados urbanos y los casi 140.000 vehículos pesados interurbanos. Asimismo, se estima que en un escenario futuro el GNV (Gas Natural Vehicular) pase a ser una de las principales aplicaciones del gas natural en España, superando ampliamente otros usos como, por ejemplo, el doméstico.

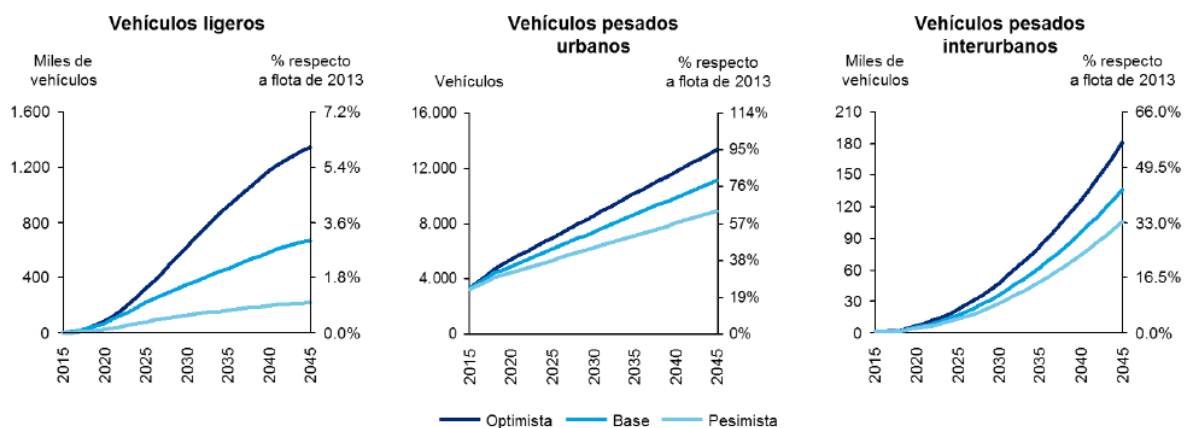


Figura 10. Escenarios de penetración del GN en los sectores de transporte por carretera. Fuente: GASNAM

### 5.2.1.2 Alimentación de embarcaciones

Los motores de embarcaciones a gas natural, al igual que los de vehículos, reducen las emisiones convirtiéndolos en una de las mejores alternativas disponibles para cumplir con los límites de emisiones restrictivos establecidos por el IMO en las ECA, áreas de emisiones controladas (en las que podría incluirse el mar Mediterráneo en un futuro). En 2014, según [9], había más de 50 barcos empleando GNL como combustible y preveía un volumen de pedidos entorno a los 500 buques de GNL entre 2015 y 2020 dado el potencial del sector. En la Figura 11 se muestra la estimación realizada por GASNAM para el tráfico portuario a gas natural según tres escenarios distintos.

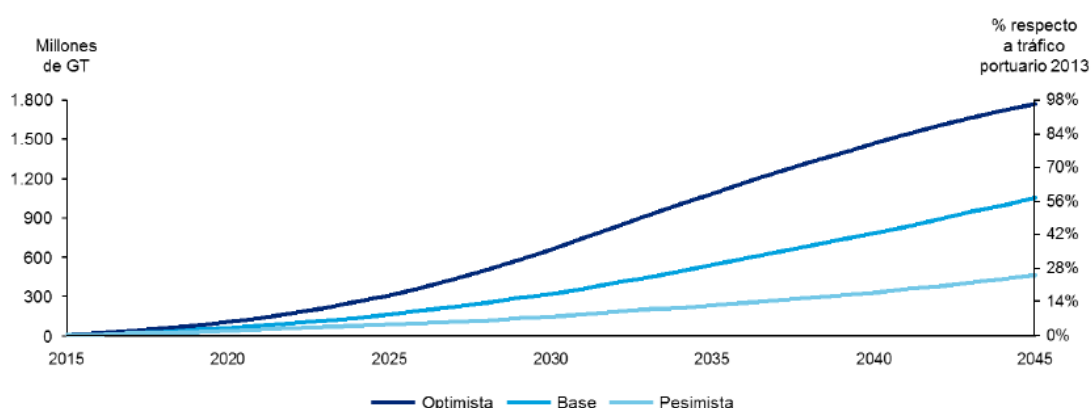


Figura 11. Escenario base, optimista y pesimista de tráfico portuario a gas natural. Fuente: GASNAM

En este caso, los tres escenarios muestran una mayor dispersión entre sí que los escenarios del transporte terrestre por carretera. La penetración de los barcos de gas natural en el tráfico portuario español al final del periodo de estudio varía entre los casi 460 millones de TRB (Tonelaje de Registro Bruto) del escenario pesimista y los más de 1.700 millones de TRB del escenario optimista.

DNV GL ha publicado recientemente los datos de un estudio sobre el mercado del Gas Natural Licuado (GNL) en la península ibérica coordinado por Enagás, cofinanciado por la Comisión Europea y con la participación de ANAVE. Este estudio analiza la demanda futura de GNL como combustible marino y la infraestructura necesaria para cubrir dicha demanda no solo en España y Portugal, sino incluyendo las regiones periféricas del Mediterráneo, Atlántico y estrecho de Gibraltar. Según las estimaciones de dicho estudio, para el año 2030 los puertos de la península ibérica suministrarán hasta 2 millones de m<sup>3</sup> de GNL como combustible a buques, siendo Algeciras, Las Palmas y Barcelona los más importantes, ascendiendo en 2050 hasta 8 millones de m<sup>3</sup>.

Desde el punto de vista logístico, este estudio concluye que las terminales existentes tendrán que desarrollar la infraestructura de carga necesaria para buques menores y barcazas de suministro de GNL. Las grandes plantas de regasificación no permiten la carga de combustible para barcos y, en este sentido, las terminales *small scale* pueden cubrir la demanda gracias a sus características.

### 5.2.2 El GNL en la industria

Como se ha visto en el análisis de la demanda, el sector industrial es el principal consumidor de gas natural y se prevé que siga creciendo. De forma genérica, las aplicaciones del GN en el sector son las siguientes:

- Materia prima
- Combustible
- Producción de energía calorífica
- Producción de energía mecánica/eléctrica
- Bombeo o compresión
- Generación de electricidad
- Automoción

El gas natural, además de ser muy utilizado en procesos de fabricación que requieren calor como en la industria del papel o en la agroalimentaria, de forma más específica presenta las ventajas descritas a continuación para los distintos campos:

- **Cerámica:** aumenta la producción y mejora la calidad de los productos, disminuyendo la aparición de imperfecciones durante la cocción y el secado.
- **Metalúrgica:** versatilidad en todos los procesos de calentamiento de metales (fusión, recalentamiento, tratamientos térmicos, etc.)
- **Vidrio:** óptima penetración y transmisión de la energía desprendida en la masa de cristal en los quemadores para gas natural
- **Textil:** elevado grado de especialización en múltiples procesos de calentamiento
- **Química:** permite una elevada precisión en la regulación de la temperatura, no es corrosivo y permite el uso de otros gases.

Por otro lado, los principales consumidores del sector terciario son los proveedores de servicios de restauración, hoteles, equipamientos de servicios médicos y edificios de oficinas. Debido a que las principales aplicaciones comerciales son la climatización, la calefacción y la cocina, las posibilidades de generar sinergias en la recuperación de parte del frío del GNL con otros procesos se amplían.

Asimismo, otra posible aplicación del GNL es el abastecimiento de ciudades que no disponen de gaseoductos. Esta opción permite abrir mercado a una posible extensión de la red de transporte y distribución repartiendo las inversiones y agilizando la tramitación administrativa.

### 5.2.3 Demanda de GNL de la terminal proyectada

La mayoría de expertos prevén que la demanda del GNL aumente en un futuro alrededor de un 2-4 % anual. Así, las proyecciones futuras del GNL en los distintos ámbitos y las limitaciones de la actual red de gaseoductos de Catalunya aseguran una demanda de GNL suficiente para implementar una nueva terminal *small scale*.

Uno de los principales objetivos de la distribución de GNL mediante camiones cisternas es el de abrir mercado en zonas geográficas sin acceso a la red de gaseoductos en vista a una futura expansión de ésta. Con este fin, la planta de Enagás de Barcelona dispone de 3 islas de carga de cisternas con una capacidad total de 50 cisternas/día y un factor de utilización superior al 60% [11]. Dado que la nueva terminal proyectada representará una rotura del monopolio de la distribución de GNL mediante camiones cisterna en Catalunya y disminuirá las distancias con algunos de los clientes de la planta de Enagás de Barcelona, es razonable asumir que algunos de los consumidores que compraban directamente a Enagás compren el GNL a la nueva terminal.

Para cuantificar la demanda de la nueva terminal de GNL se parte de los escenarios de demanda, las limitaciones de la actual red de gaseoductos en Cataluña y las características de los clientes potenciales de la nueva terminal. Entre los últimos se encuentran principalmente industrias, pero también embarcaciones de tamaño medio, grandes proveedores de servicios como hospitales o núcleos urbanos sin acceso a la red de gaseoductos. Así, se estima que en un inicio se garantizará una demanda de alrededor de 5 cisternas/día aumentando ésta a lo largo del tiempo como resultado de la demanda inducida. Teniendo en cuenta la capacidad de las cisternas, la demanda de GNL semanal estará alrededor de los 1.000 m<sup>3</sup>.

## 6 PROPUESTA DE IMPLANTACIÓN

Las conclusiones extraídas, tanto del estudio de restricciones como del de demanda, coinciden en limitar el área geográfica de implantación de la cadena logística planteada a la provincia de Girona. Las principales características por las que destaca Girona y por las que se presenta como una zona más favorable con mayor capacidad para integrar el mercado generado por una planta *small scale* de GNL son las siguientes:

- Debido a motivos estratégicos, ya que la parte norte de Catalunya está menos gasificada que la sur y dispone de una red de gaseoductos insuficientemente desarrollada. Una nueva planta *small scale* de GNL crearía mercado en la provincia, facilitando así la transición hacia el modelo de gaseoductos en el momento en que se realice la inversión necesaria para extender la red.
- Girona está suficientemente alejada de la terminal de GNL más próxima: la terminal de ENAGAS del Puerto de Barcelona.
- La proximidad con la frontera francesa y la ausencia de una interconexión con ésta favorecen la posible captación de clientes suministrados hasta el momento por la terminal de importación de GNL de Fos Cavaou (a 50km al oeste de Marsella y a casi 300 km de la frontera Francia-Girona).
- Girona dispone de un vasto rango de clientes potenciales tanto industriales (textil, abastos, cerámica, metalurgia, etc.), como poblaciones sin puntos de conexión a la red de gaseoductos (Besalú, Verges...) o pequeños buques de pesca o comerciales que utilicen el GNL como combustible y camiones que empleen también el GNL como combustible.

Delimitado el marco geográfico se analizará la infraestructura necesaria para la propuesta de implantación de una planta GNL de pequeña escala. Dicho análisis establecerá nuevas restricciones en cuanto a distancias, superficie necesaria, accesibilidad y calados que permitirán seleccionar el emplazamiento óptimo para la implantación.

## 6.1 Análisis de la infraestructura necesaria

### 6.1.1 Dimensionamiento del almacenamiento

El dimensionamiento de los tanques de almacenamiento se realiza en función de la demanda potencial. Con estos datos se calcula la capacidad de los tanques GNL, y se eligen los más adecuados, en función de la autonomía y coste del transporte. Para abastecer la demanda ha de tenerse en cuenta que las cisternas de transporte tienen una capacidad máxima de 40 m<sup>3</sup>.

Las terminales de almacenamiento de GNL se diseñan para la demanda prevista más previsiones de futuras ampliaciones. En este sentido, el proyecto debe ser desarrollado para posibilitar ampliaciones en todos sus detalles: superficies, conexiones de espera, dimensiones de tuberías principales, equipos etc. Se debe optimizar el tamaño de cada módulo para la reducción de costes. La implantación de la planta de regasificación no forma parte del alcance del presente proyecto y su diseño y ejecución queda pendiente por parte de aquellos clientes que lo precisen.

Para el dimensionamiento del almacenamiento y para el resto de estimaciones se considerará un GNL de tipo ligero densidad 450 kg/m<sup>3</sup>, equivalente a 585 Nm<sup>3</sup> (la conversión de kilogramos por metro cúbico a metros cúbicos normales se ha realizado según las tablas del International Gas Union [12]). En base a las previsiones de demanda, en la planta de recepción se estima necesaria la capacidad de 1.250 m<sup>3</sup>.

Un único tanque sería suficiente tomando en consideración la previsión de demanda futura, pero en el caso de considerar una demanda futura más optimista o un periodo de tiempo más longevo, se debería ampliar la capacidad de la terminal y por consiguiente el número de tanques. Para ello se reservará una zona destinada a futuras posibles ampliaciones (aunque podría ser empleada en un primer tiempo para dividir la capacidad necesaria en un mayor número de tanques). A pesar de que la normativa fije un mínimo de 2 tanques por planta, podría autorizarse la construcción de un único tanque en un primer momento. La justificación debería estar basada en la limitación de recursos para afrontar una mayor inversión inicial debido a la construcción de un segundo tanque y deberían dejarse las esperas necesarias para el futuro tanque. Se prioriza esta opción ante la reducción de la frecuencia de importación o la construcción de dos tanques para disminuir los costes operativos y constructivos además de evitar

la estratificación del GNL en el tanque debido a periodos de almacenamiento más largos.

Se considerarán tanques de almacenamiento de GNL del tipo cilíndricos dobles. Éstos cuentan con un tanque interior de acero inoxidable y uno exterior de acero al carbono con un espacio intermedio en el cual se ha efectuado el vacío y se ha rellenado con perlita expandida. La capacidad de llenado máximo de GNL está limitada al 95 % de su volumen geométrico y la presión de servicio máxima suele ser de hasta 6 bar, aunque también se fabrican para presiones de servicio máximo de 16 bar. Éstos resultan la mejor opción tanto técnica como económicamente para tanques de capacidades no superiores a 1.500 m<sup>3</sup>.

La demanda estimada y la capacidad de almacenaje de GNL de la terminal sugieren que la recepción del buque de transporte de GNL se haga una vez a la semana. De este modo, la distribución mediante camiones cisternas por el territorio se hará a razón de aproximadamente 5 viajes/día, pudiendo ésta reducirse en caso de que la demanda de GNL como combustible para barcos aumentara.

#### 6.1.2 Buque de diseño

Tabla 9. Características de los buques comprendidos en el rango de 1.100 m<sup>3</sup> y 5.000 m<sup>3</sup> de capacidad. Fuente: SENER

Nombre	(Unidad)	Pioneer Knutsen	TGA LNG Bunker Supply Vessel	TGA LNG Storage Barge	Deltamarin LNG Carrier
Capacidad de carga nominal	m <sup>3</sup>	1.100	3.000	4.000	5.000
Tipo de tanques	-	Cilíndrico-Horizontal			
Eslora total	m	69	98,6	58,1	111,1
Eslora entre perpendiculares	m	63,4	93	-	104,6
Velocidad de servicio en calado de diseño	kn	14	12	-	13
Manga de diseño	m	12	14,2	22,4	16,8
Calado de diseño	m	3,6	4	-	4,7
Calado en carga de GNL	m	3,3	-	2,6	-
Tonelaje de peso muerto	toneladas	817	1.900	-	2.290
Francobordo en condiciones de carga	m	2,2	3,6	-	3,5

Para determinar el tamaño óptimo de buque de transporte de GNL, se parte de la capacidad de los tanques de almacenamiento de GNL. La filosofía del tamaño de almacenamiento es que sea de igual o mayor capacidad útil que la del buque de transporte, para permitir el vaciado completo. Para ello se estima un buque con capacidad de 1.100 m<sup>3</sup>. De este modo, la capacidad de los tanques de GNL de la terminal sería un 13,6 % superior a la capacidad de transporte del buque metanero. Sin embargo, contemplando futuras ampliaciones de la planta, deberá considerarse la posibilidad de recibir buques de mayor capacidad para abastecer la demanda futura. Por este motivo, el frente de atraque se diseñará para un rango de buques de entre 1.100 m<sup>3</sup> y 5.000 m<sup>3</sup>, aunque los equipamientos marítimos permitan en una primera etapa únicamente la recepción de buques de hasta 1.100 m<sup>3</sup>.

En la Tabla 9 se muestran las características de los buques comprendidos en el rango considerado.

#### 6.1.3 Instalaciones, sistemas y equipos

A efectos de descripción básica y considerando la cadena logística de suministro (carga en la terminal de origen, transporte marítimo, descarga, almacenamiento y distribución del GNL), las instalaciones, procesos, sistemas y equipos que configurarán la planta de importación, almacenamiento y distribución de GNL son los siguientes:

- **Terminal marítimo**

Muelle de atraque de buques de GNL que consta esencialmente de defensas elásticas, ganchos de escape rápido, sistemas de posicionamiento de buques, sistemas de comunicaciones buque tierra, brazos de descarga, tuberías de descarga y retorno de gas *boil-off* (BOG), canalizaciones y balsa de recogida de derrames, sistemas de seguridad activa (SSA) y de defensa contra incendios, sistemas de instrumentación y control de procesos (SCD), cromatógrafo de análisis continuo de la calidad del GNL, sistemas eléctricos, y servicios auxiliares.

- **Descarga de buques de GNL**

Se realizará por medio de brazos de descarga criogénicos. Se hará la transferencia a los tanques de almacenamiento del terminal, por diferencial de presiones o utilizando las bombas de los buques de GNL, a través de la red de tuberías de proceso que



conectan el terminal marítimo con los tanques. Se contará con un brazo de descarga para líquidos además de una espera provista para ser utilizada en caso de avería. Dadas las características de capacidad previstas, tendrá un diámetro de 6" (las menores dimensiones que ofrece el mercado actual). Las líneas que conectan los brazos de descarga con los tanques se dividen en tramos por medio de válvulas de mariposa motorizadas que permiten el aislamiento automático del tramo en caso de detección de fugas de GNL, limitando el volumen de ésta. Además, las líneas se drenan de GNL y se inertizan con nitrógeno después de cada operación de carga.

- **Unidad de nitrógeno**

La planta deberá disponer de una unidad de almacenamiento de nitrógeno para permitir que terminada la operación de descarga de GNL, los brazos criogénicos puedan ser vaciados utilizando gas nitrógeno a presión en ambas direcciones. El gas nitrógeno se suministra a presión en el vértice superior del punto más alto del brazo, realizando así un efecto pistón sobre el GNL acumulado en cada lado de los brazos.

- **Balsa de recogida de derrames**

Con el fin de recoger y confinar cualquier derrame de GNL (ya sea por la rotura de una tubería o un fallo en un equipo del proceso de carga/descarga) se construirán canalizaciones y una balsa de recogida de derrames de GNL protegidos en superficie por un trámex. Asimismo, se dispondrán dos cañones de espuma en la superficie para rebajar el potencial de incendio. Dada la capacidad de los brazos de carga/descarga y de los tanques de almacenaje, se prevén unos canales de drenaje de 1 m de ancho y una balsa de aproximadamente 80 m<sup>3</sup> de capacidad, dejando un metro de altura libre para espumas. Para este caso se estima que unas dimensiones de 4 x 4 x 6 m cumplirían con la función de permitir la evaporación eficaz de los posibles derrames, pero para cualquier otro caso éstas deberían adaptarse. Nótese que dichas dimensiones encajarían con la posible opción de vaciar una celda de un muelle en cajones. El agua de tormenta que caiga en el canal de derrames se conducirá hacia la balsa de acumulación de GNL dada la pendiente que presenta el canal hacia la misma. Además, al estar la balsa de derrames al descubierto, toda el agua de lluvia quedará depositada en su interior. Dado que la balsa de acumulación no dispone de salida para su drenaje, se equipará en su interior de una bomba de achique que verterá el agua directamente al mar al no ser susceptible de contener contaminantes. En el momento que se

produzcan vertidos de GNL la bomba de achique quedará inutilizada debiendo ser substituida por la bomba de repuesto dispuesta en el almacén. El GNL derramado quedará almacenado en la balsa de retención, donde tendrá lugar su evaporización de forma controlada. Con la finalidad de asegurar una radiación aceptable y el buen estado de las estructuras metálicas de la terminal ante la evaporación controlada de hidrocarburos, la balsa de recogida de derrames se situará como mínimo a 25 m de éstas.

- **Tanques de Almacenamiento criogénicos**

El GNL recibido en las descargas se almacena durante varios días, semanas o meses (máximo 2 meses) en tanques, que serán de contención total, diseñados para condiciones de servicio criogénicas. Como se ha anunciado anteriormente, inicialmente se construirá únicamente un tanque de almacenamiento dejando el emplazamiento con las esperas preparadas para un futuro segundo tanque. Los tanques previstos serán de tipo cilíndricos dobles. La construcción se realizará en obra porque a pesar de disponer de más materiales y mayor precisión en fábrica, desde fábrica se tendría que recurrir al transporte marítimo ya que por carretera se pueden transportar tanques de 200 m<sup>3</sup> de capacidad como máximo.

- **Retorno de gas *boil-off* al buque de GNL**

En la descarga de GNL de buques metaneros desde el inicio se genera una importante cantidad de gas *boil-off* (BOG), producido por la evaporación en las tuberías y en los tanques de almacenamiento que va disminuyendo a medida que avanza la descarga. Para compensar el volumen de GNL descargado por el buque metanero, parte del BOG es devuelto a éste por diferencia de presión entre los tanques del buque y los tanques del terminal. El retorno se realizará mediante un brazo de carga para gases de 6" con diseño análogo al de los líquidos.

- **Recuperación del gas *boil-off***

El gas *boil-off* (BOG) producido por la evaporación, ya sea durante la descarga del buque o bien durante la operación de la planta que no sea retornado al buque de GNL, podrá ser recuperado para otros usos. Teniendo en cuenta el reducido volumen de BOG generado dada la capacidad de almacenaje de la planta y, tratándose de un proyecto basado en la distribución de GNL, se priorizará de entre las distintas opciones el

retorno del gas *boil-off* al tanque de almacenamiento en forma de GNL. Este proceso se realizará mediante el sistema de compresor-condensador (relicuador) descrito a continuación. Además, en vista del futuro prometededor del GNC como combustible para embarcaciones deportivas y dado que todos los puertos de la costa de Girona tienen dársenas para embarcaciones deportivas, otra opción a tener en cuenta en un futuro sería disponer de un punto de carga de combustible GNC en el muelle mientras el metanero no esté descargando.

- **Compresor-condensador**

Comprime el gas *boil-off* (BOG) y lo refrigera, haciendo así el proceso de relicuación para devolverlo posteriormente al tanque de almacenamiento de GNL. De este modo, se cuenta con distintas opciones para la reutilización del gas *boil-off*.

- **Antorcha**

En la situación anormal de funcionamiento de la planta en que los citados sistemas de recuperación del BOG no lleguen a su capacidad máxima, éste será conducido de forma segura a la antorcha mediante la válvula de control de presión de los tanques. Así, durante la operación normal de la planta no deberá existir venteo de gas y, por tanto, no debe producirse la llegada de gas a la antorcha. De acuerdo a prácticas de diseño habituales usadas en otros proyectos para este tipo de instalaciones, la capacidad de la antorcha debe determinarse de acuerdo a la máxima generación de BOG durante la descarga de un buque metanero y en la situación de mínimo envío al tanque una vez relicuado.

- **Carga de camiones cisternas**

En vista de la demanda prevista, se considera suficiente un cargador de camiones cisternas. Desde los tanques de almacenamiento hasta la estación de carga de camiones cisternas, el GNL es impulsado mediante las denominadas bombas primarias en baja presión (6 bar), que se encuentran sumergidas en los tanques de almacenamiento.

- **Sistemas de bombeo de agua de mar contraincendios**

Instalaciones de bombas de proceso que impulsan el agua a las redes de tuberías contraincendios. El agua es captada del mar en situaciones de emergencia, o bien se

utiliza agua de la red del suministro exterior para mantener las redes presurizadas en condiciones normales. Se dispondrá un mínimo de dos puntos de captación de agua para asegurar el servicio en caso de fallo de uno de los dos sistemas de bombeo.

- **Edificio de control, de mantenimiento, oficina técnica, administración y área de prevención**

Edificio técnico que alberga zonas destinadas a almacenes de repuestos, a talleres de mantenimiento, oficina técnica, vestuarios de los trabajadores y despachos del personal técnico. La zona destinada a la prevención es de fácil acceso y alberga los equipamientos de prevención. Deberá disponer de una sala de servicios eléctricos, y servicios auxiliares para los operadores de proceso de turno rotativo.

- **Sistema de Protección Contra Incendios**

En un lugar accesible de la terminal se dispondrán los equipos relativos a la defensa contra incendios. Éstos estarán conectados directamente a los sistemas de captación de agua de mar.

- **Punto de vigilancia y control de accesos**

Área integrada en el edificio de control y mantenimiento, en la puerta principal de accesos a la planta. Deberá estar equipada con los sistemas de seguridad de las barreras, cámaras de vigilancia (TVCC) y control de presencia de los trabajadores.

## **6.2 Análisis de los puertos candidatos**

### **6.2.1 Criterios para la selección**

Para el proceso de selección de alternativas es necesario definir los criterios y las restricciones básicas que se tendrán en cuenta para el análisis de los puertos que se encuentran en la provincia de Girona.

Al no existir ninguna norma que especifique las restricciones básicas a considerar y no estar al alcance del presente estudio un análisis exhaustivo de éstas, se toman como valores de referencia los fijados en proyectos similares. Adaptando dichos parámetros a las características concretas de la terminal prevista y a sus dimensiones, las

restricciones básicas que se considerarán para la selección del emplazamiento son las siguientes:

- Tanques de almacenamiento distanciados a un mínimo de 500 metros de los núcleos urbanos;
- Tanques de almacenamiento distanciados a un mínimo de 300 metros de recintos industriales;
- Ubicación de las instalaciones fuera de áreas protegidas por su valor ambiental.

Adicionalmente a estas restricciones básicas, se valorarán los criterios técnicos, CAPEX (inversiones en bienes de capitales que crean beneficios, del inglés *Capital Expenditures*) y OPEX (gastos atribuidos a la operación, del inglés *Operating Expenses*) descritos a continuación:

- **Condiciones de abrigo**

Se considera que un puerto está abrigado cuando sus condiciones de oleaje y viento son muy favorables, es decir, cuando la terminal no está altamente expuesta a las condiciones oceánicas, sino que, de forma natural o artificial, goza de una protección que facilita la operativa portuaria. Se trata de un parámetro fundamental para definir el grado de operatividad de la terminal.

- **Tramitación administrativa**

La tramitación administrativa previa a la construcción de una planta de almacenaje y regasificación de GNL, y cualquier planta industrial de características similares conlleva una serie de actividades de tipo técnico y legal que pueden dilatarse considerablemente en el tiempo. En este sentido, la ubicación propuesta debe buscar la máxima aceptación social posible, evitando así eventuales paralizaciones en el desarrollo del proyecto. Es decir, una ubicación alejada de núcleos urbanos o próxima a zonas industriales tendrá siempre preferencia, con el fin de evitar un potencial rechazo social.

- **Calado natural disponible**

El calado requerido para la implantación de una terminal de GNL se considera un parámetro importante, al existir restricciones (asociadas a pérdida de carga) en la

distancia entre los brazos de descarga de la terminal GNL y los tanques de GNL de la terminal terrestre. Es por lo tanto preferible que los calados naturales cercanos a la terminal sean los requeridos, pero no se considera una restricción básica ya que en caso de no disponer del calado necesario se estudiaría la posibilidad de ejecutar dragados.

- **Servicios náuticos**

La nueva terminal de descarga requerirá de servicios náuticos (practicaje, remolque y amarre) que permitan el uso de la terminal de descarga en condiciones de seguridad y fiabilidad. La proximidad de servicios náuticos existentes en la zona puede representar una ventaja considerable para determinadas ubicaciones. La necesidad de invertir en la implantación y uso en exclusiva de estos servicios encarecería el sistema.

- **Facilidad de maniobras y acceso al puerto**

Es conocido que la frecuencia de accidentes náuticos, para cualquier clase de barco, es mayor durante la aproximación a puerto y el atraque que cuando se navega en mar abierto. Por ello, es importante tener en cuenta la facilidad de maniobras y acceso a puerto para cada alternativa.

- **Acceso a red viaria**

Otro parámetro importante en cuanto al posicionamiento estratégico de la terminal es la proximidad a redes viarias y las buenas condiciones de éstas para dar servicio a potenciales camiones cisterna que distribuyan el gas en la región. En definitiva, se trata de garantizar la comunicación por carretera de la terminal con la red existente de carreteras del país.

- **CAPEX**

Debido a que todas las alternativas contemplan la nueva construcción de una terminal de idénticas características, las diferencias de inversión inicial necesaria en cuanto a las instalaciones y sistemas no serán sustanciales. Sin embargo, los costes asociados a las necesidades de prolongación de muelle, construcción de un pantalán o construcción de un nuevo dique de abrigo determinarán las principales variaciones en cuanto a inversión inicial necesaria.

- OPEX

En términos generales, las diferencias en los costes operativos serán mínimas, aunque podría influir la ubicación respecto a un cliente preferencial que genere sinergias operacionales, en cuanto a suministros y servicios básicos.

#### 6.2.2 6.2.2 Análisis cualitativo de los puertos

La zona portuaria norte de Catalunya (puertos que dependen de Ports de la Generalitat) comprende 8 puertos:

- Puerto de Blanes
- Puerto de Sant Feliu de Guíxols
- Puerto de Palamós
- Puerto de l'Estartit
- Puerto de l'Escala
- Puerto de Roses
- Puerto de Port de la Selva
- Puerto de Llançà

A continuación, se analizan los criterios para cada uno de los puertos nombrados a fin de seleccionar las posibles alternativas para la implantación de nueva terminal proyectada. En el Anexo I se encuentra una ficha para cada uno de los puertos considerados con una evaluación descriptiva de los criterios considerados.

Como resultado del análisis exhaustivo del borde costero de Girona, los puertos que no se proponen como alternativa se exponen a continuación con su debida justificación:

- Puerto de Blanes y Puerto de l'Escala: la factibilidad de la implantación queda truncada debido al incumplimiento de las restricciones básicas consideradas.
- Puerto de Port de la Selva y Puerto de Llançà: tanto el incumplimiento de las restricciones básicas consideradas como su ubicación descentrada respecto a los clientes potenciales del mercado generado descartan dichos puertos como alternativa.

Para poder escoger de forma eficiente entre las distintas alternativas es necesario ponderar los diferentes criterios evaluadores, dando más peso a aquellos que tienen más importancia o mayor influencia en la toma de decisiones. Mediante la asignación de pesos (importancia de un criterio frente a otro, en %) se consigue clasificar cada criterio en su rango de interés correspondiente.

Por otra parte, la asignación de pesos es múltiple, puesto que se asigna un peso (%) a cada criterio general (CG: respecto a un 100%) y a cada subcriterio (SC: respecto a un 100%, de nuevo). De esta manera, el peso final de cada criterio es el producto del peso general donde se engloba y del peso del subcriterio en sí, como se muestra en la Tabla 10.

**Tabla 10. Criterios y pesos tomados en consideración para el análisis multicriterio**

<b>Criterio General (CG)</b>	<b>Peso (CG)</b>	<b>Subcriterios (SC)</b>	<b>Peso (SC)</b>	<b>Peso Final</b>
Criterios técnicos	60%	Condiciones de abrigo	30,00%	18,00%
		Tramitación administrativa	30,00%	18,00%
		Calado natural disponible	7,50%	4,50%
		Servicios náuticos	10,00%	6,00%
		Facilidad de maniobras y acceso a puerto	7,50%	4,50%
		Acceso red viaria	15,00%	9,00%
Criterios de CAPEX	30%	-	-	30,00%
Criterios de OPEX	10%	-	-	10,00%

En la Tabla 11 se detalla la evaluación del mérito de cada alternativa en relación a cada criterio considerado.

El análisis multicriterio realizado concluye que la alternativa de ubicación recomendada para la terminal de descarga es la del Puerto de Palamós, por ser la que consigue mejor puntuación. La siguen, a más de 20 puntos de diferencia, el Puerto de Roses y el de Sant Feliu de Guíxols, mientras que el puerto de L'Estartit es la propuesta que consigue menor puntuación. Dada la gran diferencia existente entre la puntuación



obtenida para el puerto de Palamós y las demás alternativas, no se considera necesario efectuar un estudio de sensibilidad del análisis multicriterio.

**Tabla 11. Puntuación de las alternativas consideradas en el análisis multicriterio**

Criterio General (CG)	Subcriterios (SC)	Peso Final	Sant Feliu de Guíxols	Palamós	L'Estartit	Roses
Criterios técnicos	Condiciones de abrigo	18,00%	3	4	3	4
	Tramitación administrativa	18,00%	5	5	1	3
	Calado natural disponible	4,50%	5	5	2	2
	Servicios náuticos	6,00%	1	5	1	1
	Facilidad de maniobras y acceso a puerto	4,50%	3	4	4	2
	Acceso red viaria	9,00%	5	3	2	3
Criterios de CAPEX	-	30,00%	1	4	3	4
Criterios de OPEX	-	10,00%	4	5	5	3
<b>TOTAL</b>		<b>100,00%</b>	<b>60,20%</b>	<b>85,90%</b>	<b>52,60%</b>	<b>65,40%</b>
<b>Ranking</b>			<b>3</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>2</b>

## 6.3 Puerto seleccionado

### 6.3.1 Infraestructura disponible

El puerto de Palamós se encuentra en la provincia de Girona, en la comarca del Baix Empordà. Su superficie total es de 434.459 m<sup>2</sup>, distribuidos en 247.868 m<sup>2</sup> de superficie de espejo de agua y 186.591 m<sup>2</sup> de superficie de tierra. El puerto está conformado por una dársena deportiva, una pesquera y otra comercial. Las dos últimas están gestionadas por Ports de la Generalitat.



Figura 12. Situación del Puerto de Palamós

La dársena comercial cuenta con 386 metros lineales de muelle, un ancho de 43 m y un calado de entre 12 y 20 m (ver Figura 18). El muelle comercial, llamado muelle Fèlix Ribera, permite la operativa de tres buques de dimensiones medias simultáneamente, así como también buques de 360 m de eslora. La infraestructura se completa con una superficie de explanada de 15.000 m<sup>2</sup> y una rampa de carga rodada de 30 m de ancho. En dicho muelle conviven el sector de mercancías y el de cruceros, siendo ambos dinamizadores económicos del puerto. Por su parte, el muelle comercial de Palamós es la única puerta por mar de mercancías de Girona y, por lo que a la actividad de tránsito de pasajeros se refiere, Palamós es el segundo puerto de Catalunya en tráfico internacional de cruceros. Las mercancías manipuladas son granos, principalmente virutas de madera que se almacenan en el muelle comercial o a cubierto.



Figura 13. Ubicación del muelle comercial en el Puerto de Palamós. Fuente: Ports de la Generalitat

Aprovechando el hinterland dinámico del puerto y las oportunidades detectadas en el Pla de Ports 2016-2030 que apuntan a la posibilidad de reconvertir algunas de las dársenas comerciales, se prevé la terminal *small scale* de descarga de GNL propuesta en el extremo exterior del muelle. La introducción de una nueva actividad comercial está alineada con las acciones previstas en el Pla de Ports ya que una de las prioridades es optimizar la explotación de las superficies disponibles para mejorar la operatividad comercial. En este sentido, se contemplan tanto la reconversión de espacios para el desarrollo de actividades portuarias existentes en el puerto como la incorporación de nuevas actividades comerciales que puedan generar un mayor tráfico como pueden ser plantas satélite de importación de GNL.

#### 6.3.2 Aplicación de las restricciones asociadas al emplazamiento

- **Restricciones asociadas a los agentes físicos y climáticos**

Teniendo en cuenta las tolerancias indicadas en la Tabla 1 y la actual actividad de la terminal comercial de Palamós, no se prevén limitaciones de operatividad debidas al viento, oleaje y/o corrientes.

- Restricciones asociadas al diseño en planta y alzado

Como se puede observar en la Figura 14, las características de la infraestructura disponible permiten cumplir con las restricciones de superficie mínima necesaria para implementar los equipos necesarios.

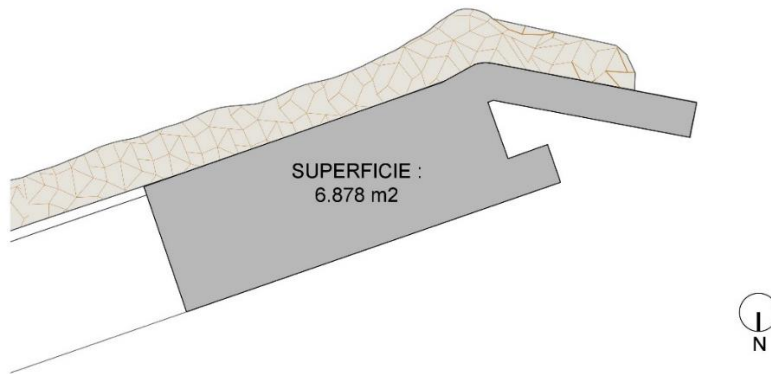


Figura 14. Superficie del muelle comercial de Palamós destinada a la implantación de la terminal proyectada

Por otro lado, el emplazamiento seleccionado permite cumplir con las distancias de seguridad y de maniobra fijadas en las restricciones. A continuación, se muestran las distintas distancias aplicadas en el emplazamiento seleccionado para la terminal proyectada.

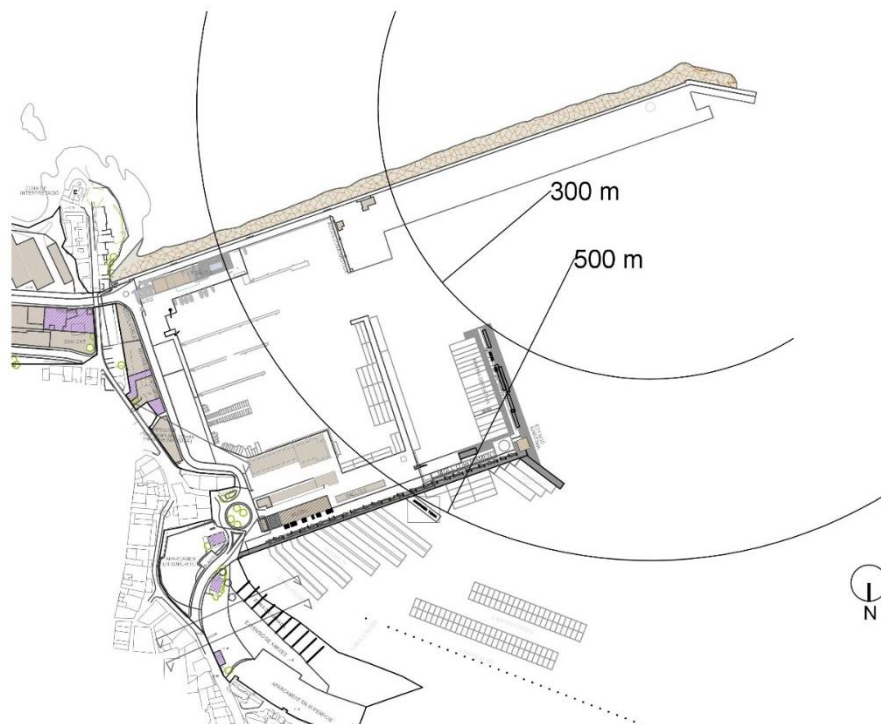


Figura 15. Distancias mínimas de seguridad desde la terminal proyectada a otras industrias (300 m) y a núcleos residenciales (500 m).



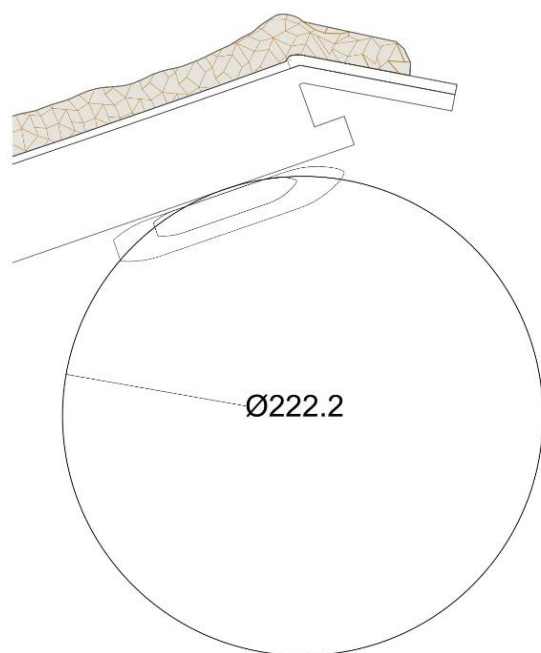


Figura 16. Área mínima de reviro dada la flota considerada

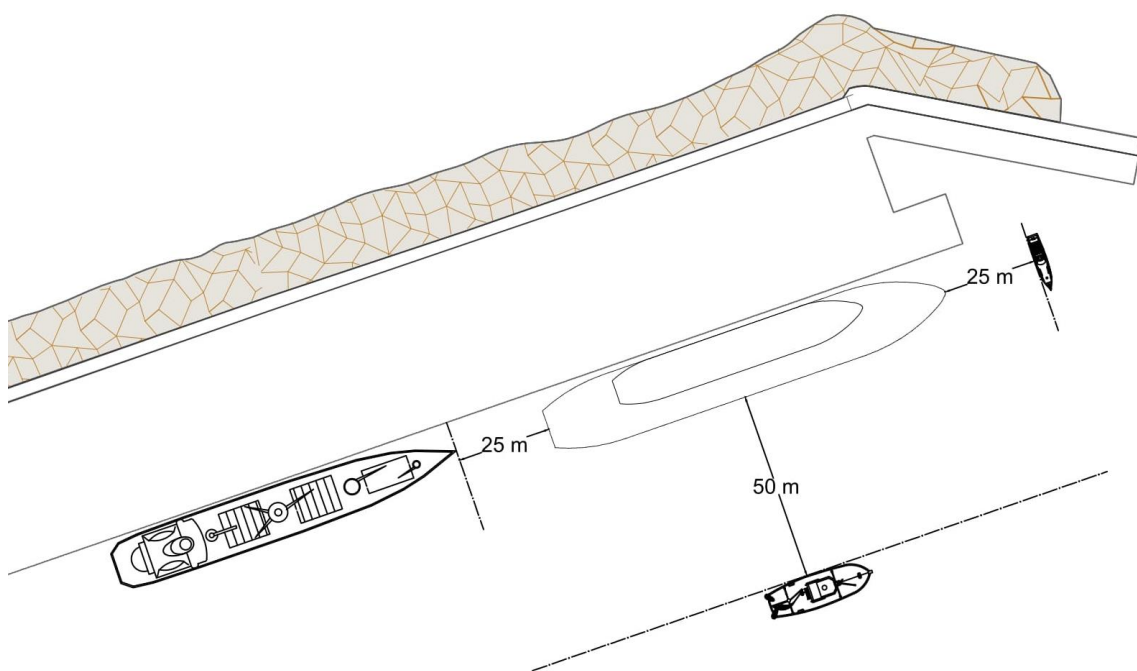


Figura 17. Entorno de seguridad del buque de GNL atracado respecto a otros buques.

- **Restricciones ambientales**

- No está dentro de un área de interés faunístico ni florístico
- No hay flora amenazada ni planes de conservación de especies protegidas
- No hay espacios protegidos (ni espacios PEIN ni red Natura 2000)
- No hay espacios naturales de protección especial

62

### 6.3.3 Equipamiento marítimo del muelle

El atraque para buques de GNL localizado en el muelle comercial del puerto de Palamós será de tipo continuo y su configuración se diseñará de acuerdo al rango de tamaños de los buques GNL esperados. Como se ha anunciado anteriormente, a pesar de que la inversión inicial corresponde a la descarga de buques de capacidad  $1.100 \text{ m}^3$ , el frente de atraque considerará además de las características de dichos metaneros las de buques de hasta  $5.000 \text{ m}^3$  de capacidad, en vista de futuras posibles ampliaciones. En la Tabla 9 se muestran las características de los buques de diseño.

Los equipos marítimos, involucrados en el proceso de atraque y amarre, que se analizarán serán las defensas y los ganchos de escape rápido (GER). Dado que el alcance del análisis no contempla la realización de un estudio de buque amarrado, se aplicará la vigente normativa con el objetivo de realizar un esquema de buenas prácticas.

La función de cada uno de los elementos en base a la ROM 2.0-11 y el análisis que se llevará a cabo para su diseño teniendo en cuenta el nivel de detalle del proyecto consiste en:

- **Defensas:** su carácter flexible permite que absorban por deformación parte o la totalidad de la energía cinética que se desarrolla durante el atraque, limitando los esfuerzos transmitidos tanto a la obra como al casco del buque. Su dimensionamiento se realizará aplicando un método analítico de valoración de la energía cinética cedida por el buque en función del tipo de atraque y de las características de la maniobra. Para el caso estudiado, se aplicarán las fórmulas para atraque lateral mediante traslación transversal

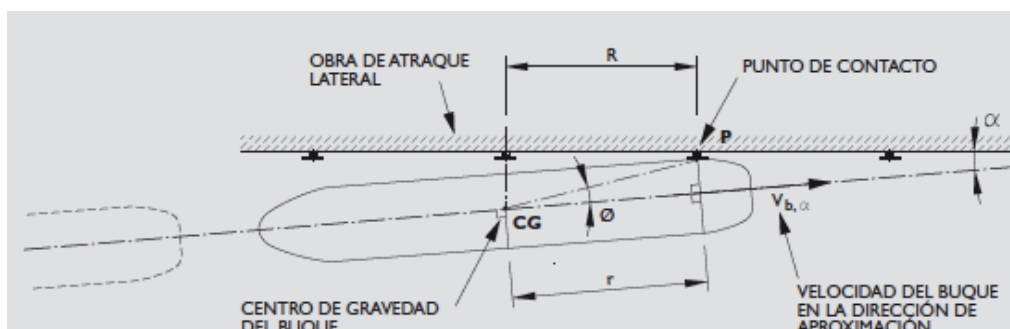


Figura 19. Figura 20 Atraque lateral o de costado mediante traslación longitudinal preponderante a obras de atraque fijas. Fuente: ROM 2.0-11.

preponderante en obras de atraque fijas continuas y se relacionarán con las especificadas por el fabricante.

- **Ganchos de escape rápido (GER):** limitan los movimientos del buque producidos por los agentes del medio físico y por algunos agentes operativos durante su permanencia en el atraque, transmitiendo los esfuerzos que se producen a la estructura resistente. Se analizarán las características de las líneas de amarre para el rango de buques de la flota diseño, indicándose el material de las líneas y la carga de rotura. En base a dicha información se diseñarán los ganchos de escape rápido (GER) tanto en cuanto al tiro de diseño de cada uña como al número de uñas a disponer en cada GER.

#### 6.3.3.1 Defensas

En cuanto a posición de las defensas la ROM 2.0-11 recomienda:

- Para buques con eslora igual o superior a 25 m, se recomienda que la distancia entre defensas aisladas en sistemas de atraque continuos no exceda de  $0,15-0,17 L$ , siendo  $L$  la menor eslora de los buques de la flota esperable en el atraque, ni de 12-17 m.
- Una distribución simétrica de las defensas respecto al centro geométrico del buque.

Los sistemas de defensas se diseñarán para absorber la energía de atraque de los buques de diseño y se adoptarán los siguientes criterios:

- La energía cedida al sistema de atraque por el buque se computará siguiendo la metodología descrita en la ROM 2.0-11.
- Se seleccionarán las defensas de manera que sean capaces de absorber la energía de atraque en condiciones moderadas.
- Se dimensionarán los escudos de las defensas y sus posiciones en alzado en función de la geometría del casco del buque en alzado.
- Las velocidades de aproximación en el atraque serán las correspondientes a condiciones moderadas según la ROM 2.0-11.
- Para la estimación de la energía de atraque se tendrá en cuenta que todos los buques de GNL atracarán con ayuda de remolcadores.



El cálculo de la energía cinética cedida por el buque para atraque lateral mediante traslación transversal preponderante en obras de atraque fijas continuas se muestra a continuación:

$$E_{fL} = \left[ \frac{1}{2g} (C_m \Delta) \cdot (V_{b,\alpha} \cdot \text{sen} \alpha)^2 \right] \cdot C_e \cdot C_g \cdot C_c \quad (\text{Ecuación 1})$$

siendo:

$E_{fL}$  : Energía cinética cedida por el buque al sistema de atraque lateral ( $kN \cdot m$ )

$g$  : Aceleración de la gravedad  $\left(9,8 \frac{m}{s^2}\right)$

$C_m$  : Coeficiente de masa hidrodinámica

$\Delta$  : Desplazamiento del buque ( $kN$ )

$V_{b,\alpha}$  : Velocidad del buque en la dirección de aproximación en el impacto  $\left(\frac{m}{s}\right)$

$\alpha$  : ángulo de aproximación al atraque

$C_e$  : Coeficiente de excentricidad

$C_g$  : Coeficiente geométrico del buque

$C_c$  : Coeficiente de configuración del atraque

$C_s$  : Coeficiente de rigidez del sistema de atraque

Sustituyendo cada uno de los parámetros por los valores correspondientes a la situación analizada se obtiene:

$$E_{fL} = \left[ \frac{1}{2 \cdot 9,8} (1,1 \cdot 66.194,89) \cdot (3 \cdot \text{sen} 15)^2 \right] \cdot 0,65 \cdot 0,95 \cdot 0,9 \cdot 1 = \mathbf{1.238,55 \, kN \cdot m}$$

En base a los distintos condicionantes se emplazarán:

- En un inicio, para la recepción de buques de 1.100 m<sup>3</sup>: 4 defensas de tipo SCN-1400 (F1.9) de Trelleborg, (u otras, de similares prestaciones, de otro

fabricante), centradas a la cota +1,53 m PRH, con escudo de dimensiones de 4,0 metros de altura y 4,0 metros de anchura netas.

- En caso de ampliación de la terminal para recibir buques de 5.000 m<sup>3</sup>: se añadirá una defensa en cada uno de los extremos con las mismas características que las existentes.

Las características proporcionadas por el fabricante que se muestran en la Figura 20 justifican la elección de las defensas. Las dimensiones de las defensas propuestas, SCN-1400 (F1.9), y el respectivo esquema explicativo de una defensa SUPER CONE genérica de Trelleborg pueden verse en la citada Figura 20.

Para el presente caso, se asumirá que por el hecho de operar con metaneros *small scale*, la compresión máxima esperada en operación es inferior al 72%.

En la Tabla 12 se muestra la energía máxima absorbible juntamente con la reacción asociada de las defensas seleccionadas. La defensa SCN-1400 (F1.9) es capaz de absorber, como mínimo, para una deflexión del 72%, una energía de  $E_{\min} = 1.277,6$  kN·m dando una reacción de  $R_{\max} = 1.588,8$  kN.

El comportamiento de compresión-energía-reacción de este tipo de defensas se muestra en la Figura 21 y en la Tabla 12.

Las energías mínimas absorbibles y sus correspondientes reacciones son valores proporcionados por el fabricante en las siguientes condiciones de ensayo:

- Una velocidad de atraque constante entre 2 y 8 cm/min
- Compresión a una temperatura de  $23 \pm 5$  °C
- Compresión con un ángulo de atraque de 0°

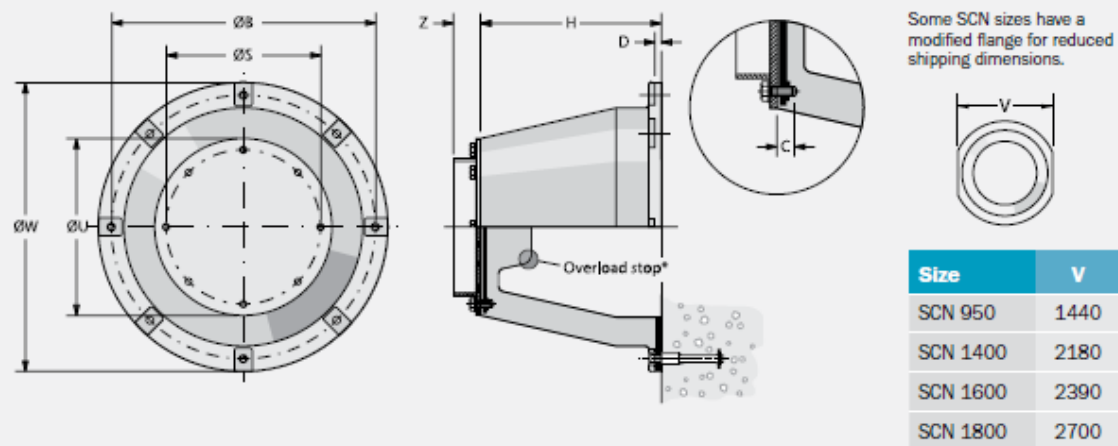
Por lo tanto, al ser el valor de la energía mínima absorbible (1.277,6 kN·m) el inmediatamente mayor respecto la energía cinética calculada (1.238,55 kN·m) para el buque de mayor capacidad, se comprueba que la selección de las defensas se ha realizado en condiciones de seguridad y optimizando recursos.

## Dimensions

	H	ØW	ØU	C	D	ØB	ØS	Anchors/ Head bolts ^	Z <sub>min</sub>	Weight
SCN 300	300	500	295	27 – 37	20 – 25	440	255	4 × M20	45	40
SCN 350	350	570	330	27 – 37	20 – 25	510	275	4 × M20	52	50
SCN 400	400	650	390	30 – 40	20 – 28	585	340	4 × M24	60	76
SCN 500	500	800	490	32 – 42	30 – 38	730	425	4 × M24	75	160
SCN 550	550	880	540	32 – 42	30 – 38	790	470	4 × M24	82	210
SCN 600	600	960	590	40 – 52	35 – 42	875	515	4 × M30	90	270
SCN 700	700	1120	685	40 – 52	35 – 42	1020	600	4 × M30	105	411
SCN 800	800	1280	785	40 – 52	35 – 42	1165	685	6 × M30	120	606
SCN 860	860	1376	845	40 – 52	35 – 42	1250	735	6 × M30	130	750
SCN 900	900	1440	885	40 – 52	35 – 42	1313	770	6 × M30	135	841
SCN 950	950	1520	930	40 – 52	40 – 50	1390	815	6 × M30	142	980
SCN 1000	1000	1600	980	50 – 65	40 – 50	1460	855	6 × M36	150	1125
SCN 1050	1050	1680	1030	50 – 65	45 – 55	1530	900	6 × M36	157	1360
SCN 1100	1100	1760	1080	50 – 65	50 – 58	1605	940	8 × M36	165	1567
SCN 1200	1200	1920	1175	57 – 80	50 – 58	1750	1025	8 × M42	180	2028
SCN 1300	1300	2080	1275	65 – 90	50 – 58	1900	1100	8 × M48	195	2455
SCN 1400	1400	2240	1370	65 – 90	60 – 70	2040	1195	8 × M48	210	3105
SCN 1600	1600	2560	1570	65 – 90	70 – 80	2335	1365	8 × M48	240	4645
SCN 1800	1800	2880	1765	75 – 100	70 – 80	2625	1540	10 × M56	270	6618
SCN 2000	2000	3200	1955	80 – 105	90 – 105	2920	1710	10 × M56	300	9560
SCN 2250	2250	3600	2205	100 – 120	100 – 110	3285	1930	12 × M76	335	13,500
SCN 2500	2500	4000	2450	120 – 150	100 – 120	3650	2150	12 × M76	375	18,500

^ Fender anchors / head bolts indicated are based on fenders RDP performance using a particular grade of steel. Please contact Trelleborg Marine Systems' local office for precise size, material and type for different grades of fenders pertaining to the project requirements.

[Units: mm, kg]



\* Contact Trelleborg Marine Systems' local offices

[Units: mm]

Figura 20. Esquema de dimensiones de una defensa SUPER CONE genérica y tabla de dimensiones de las diferentes defensas SUPER CONE de Trelleborg. Fuente: Trelleborg.

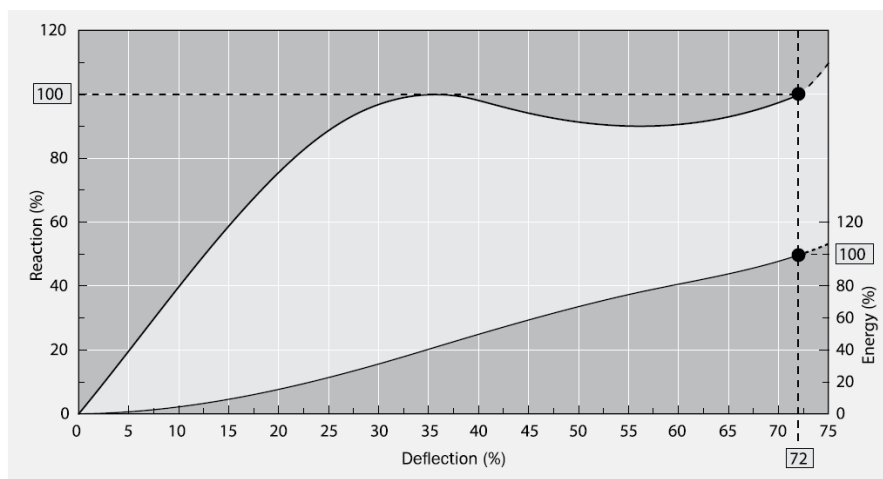


Figura 21. Gráfica genérica compresión-energía-reacción de las defensas SUPER CONE de Trelleborg.  
Fuente: Trelleborg.

Tabla 12. Comportamiento de compresión-energía-reacción de las defensas SUPER CONE de Trelleborg. Fuente: Trelleborg.

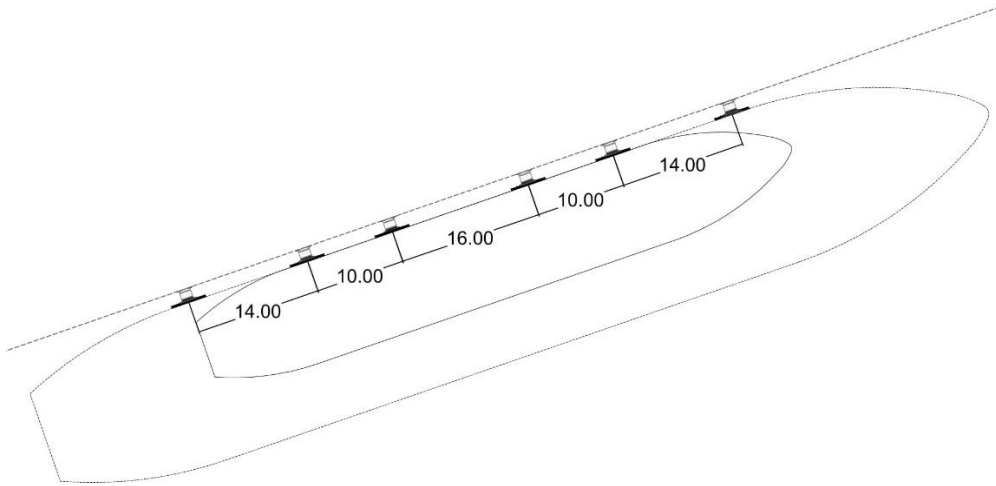
D <sub>i</sub> (%)	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	<b>72</b>	75
E <sub>i</sub> (%)	0	1	4	8	15	22	31	40	50	59	67	75	82	89	96	<b>100</b>	106
R <sub>i</sub> (%)	0	19	39	59	75	89	97	100	98	92	84	90	89	88	95	<b>100</b>	110

Tabla 13. Energía mínima absorbible y reacción mínima asociada para defensas tipo SUPER CONE, donde se resaltan los valores correspondientes a las defensas seleccionadas. Fuente: Trelleborg.

			F 1.9	F 2.0	F 2.1
1050	CV	E	538.6	550.0	565.0
		R	892.6	919.0	948.0
	RPD	E <sub>R</sub>	587.1	599.5	615.9
		R <sub>R</sub>	972.9	1001.7	1033.3
1100	CV	E	621.6	635.0	652.0
		R	981.6	1011.0	1042.4
	RPD	E <sub>R</sub>	677.5	692.2	710.7
		R <sub>R</sub>	1069.9	1102.0	1136.2
1200	CV	E	807.6	825.0	847.0
		R	1171.0	1206.0	1243.2
	RPD	E <sub>R</sub>	880.3	899.3	923.2
		R <sub>R</sub>	1276.4	1314.5	1355.1
1300	CV	E	1023.0	1045.0	1073.6
		R	1368.4	1409.0	1453.4
	RPD	E <sub>R</sub>	1110.0	1133.8	1164.9
		R <sub>R</sub>	1484.7	1528.8	1576.9
1400	CV	E	1277.6	1305.0	1340.6
		R	1588.8	1636.0	1687.4
	RPD	E <sub>R</sub>	1379.8	1409.4	1447.8
		R <sub>R</sub>	1715.9	1766.9	1822.4

En cuanto al espaciamiento de las defensas, se tiene en cuenta que las más próximas al centro geométrico de los buques (y por consiguiente a los brazos de descarga) conformarán el sistema de defensas del buque de menor capacidad. El espaciamiento se determinará tomando en cuenta las siguientes consideraciones:

- Eslora del buque de menor capacidad (L): 69 m
- Máxima distancia entre defensas aisladas en sistemas de atraque continuos:  
 $0,15 - 0,17 L = 10 - 12 \text{ m}$
- Anchura del escudo de las defensas SCN-1400 de Trelleborg: 4 m



**Figura 22. Disposición de las defensas en el frente de atraque**

Por lo tanto, dado que la máxima distancia entre defensas aisladas es de 12 m y que la anchura del escudo de las defensas es de 4 m, el espaciamiento entre centros geométricos podrá ser como máximo de 16 m. Se partirá de este espaciamiento para las 2 defensas más próximas al centro geométrico del buque mientras que las dispuestas a continuación de éstas se colocarán próximas al límite entre la parte plana y la parte curva del casco. Teniendo en cuenta esta disposición, el espaciamiento entre las dos defensas centrales y las dos defensas exteriores a éstas será de 10 m, conformando así el sistema de defensas para el buque de menor tamaño.

En caso de ampliación, las dos defensas exteriores correspondientes a las defensas activas del buque de mayor tamaño de 111,1 m de eslora, estarían espaciadas 14 m respecto las interiores. Dicha distancia de 14 m sería menor a la distancia máxima recomendada y las situaría próximas al límite entre la parte plana y la parte curva del casco. EL esquema de defensas descrito se muestra en la Figura 22.

### 6.3.3.2 Ganchos de escape rápido

Para la definición de la configuración y características del sistema de amarre de un buque amarrado, la ROM 2.0-11 establece los siguientes criterios generales:

- **Número de líneas de amarre:** se tenderá a disponer el menor número posible de líneas de amarre. Con ello se conseguirá facilitar el manejo y tensionado de las mismas, simplificando las maniobras de atraque y desatraque. El número máximo de líneas de amarre estará en el rango de 12 a 18, dependiendo del tamaño y características del buque.
- **Disposición de las líneas de amarre:** para amarre lateral o de costado se distribuirán simétricamente respecto al centro geométrico del buque.
- **Orientación de las líneas de amarre:** la efectividad de las líneas de amarre depende del ángulo vertical entre la línea de amarre y su proyección sobre un plano horizontal y el ángulo horizontal entre la línea de amarre y la línea de atraque. Cuanto más pequeño sea el ángulo vertical más efectiva será la línea de amarre para resistir acciones horizontales. A su vez, cuanto mayor sea el ángulo horizontal menos efectiva será la línea de atraque para resistir acciones longitudinales en la dirección del eje del buque y más efectiva para resistir acciones transversales. Para que su eficacia no se reduzca significativamente, puede considerarse que el ángulo vertical máximo no deberá exceder en ningún caso los  $25^\circ$ . Los ángulos en planta de las amarras serán (tal como se muestra en la Figura 23) preferiblemente:
  - Traveses: menos de  $15^\circ$  respecto a la perpendicular al atraque
  - Esprines: menos de  $10^\circ$  respecto a la alineación del atraque
  - Largos: menos de  $15^\circ$  respecto a un ángulo de  $45^\circ$  con la alineación del atraque

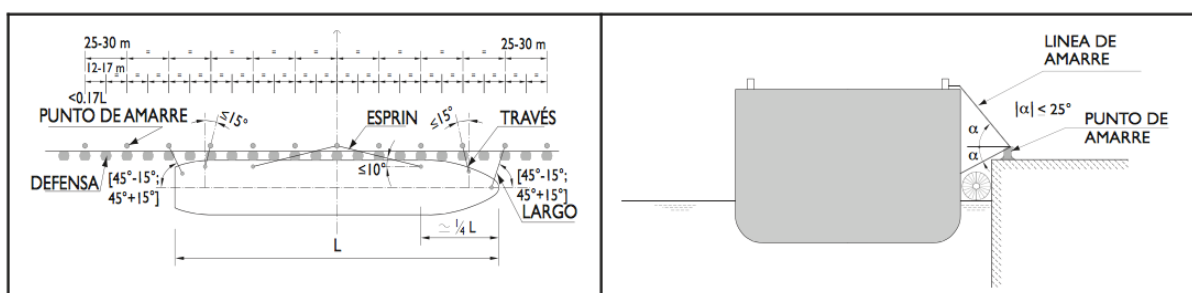


Figura 23. Disposición estándar del sistema de amarre para buque amarrado lateralmente o de costado a una obra de atraque continua, para condiciones climáticas límite de permanencia del buque en atraque (para buques con  $L > 25$  m). Fuente: ROM 2.0-11.

- **Tipo de línea de amarre:** es recomendable que todas las líneas de amarre sean del mismo material, diámetro o tipo y longitud entre el cabrestante del buque y el punto de amarre, con objeto de conseguir la máxima simetría de cargas sobre el buque.

Las estructuras de amarre se diseñarán de modo que las cargas de amarre sean igual a la suma de las tensiones de todas las líneas de amarra existentes, considerando:

- Cada uña de los ganchos de escape rápido podrá acoger una única línea de amarra.
- En condiciones operativas se considerará una carga de amarre igual al número de uñas por la carga de trabajo (SWL).

Las tensiones de rotura de las amarras se definen según el tipo de amarras y para el buque extremo. Así, atendiendo a las recomendaciones establecidas por la ROM 2.0-11, para buques con  $\Delta \leq 10.000$  t se emplearán amarras de fibras sintéticas convencionales. Asimismo, el límite de rotura para el buque de 5.000 m<sup>3</sup> es de 38 t y habitualmente se disponen 12 líneas de amarre.

La OCIMF [13] y los British Standards [14] recomiendan que las tensiones máximas en las amarras no superen su carga de trabajo en condiciones operativas. La carga de trabajo para líneas sintéticas se define como el 50% de la mínima carga de rotura (MBL).

Considerando los límites de rotura de las líneas del buque de diseño, se resuelve que es necesario utilizar ganchos con uñas de 75 t. Para ganchos de amarra de 2 uñas, la carga de amarra asociada a éstos en condiciones operativas será de 75 t (2 uñas x 50% x 75 t = 75 t) mientras que para ganchos de amarra de 3 uñas será de 112,5 t. Dado que no se disponen de registros fiables, completos y suficientes de las cargas de amarre en función de las acciones, se ha optado por disponer ganchos de 3 uñas para los largos y ganchos de 2 uñas para los esprines.

En base a lo descrito anteriormente, el esquema de amarras propuesto es el descrito en la Figura 24.

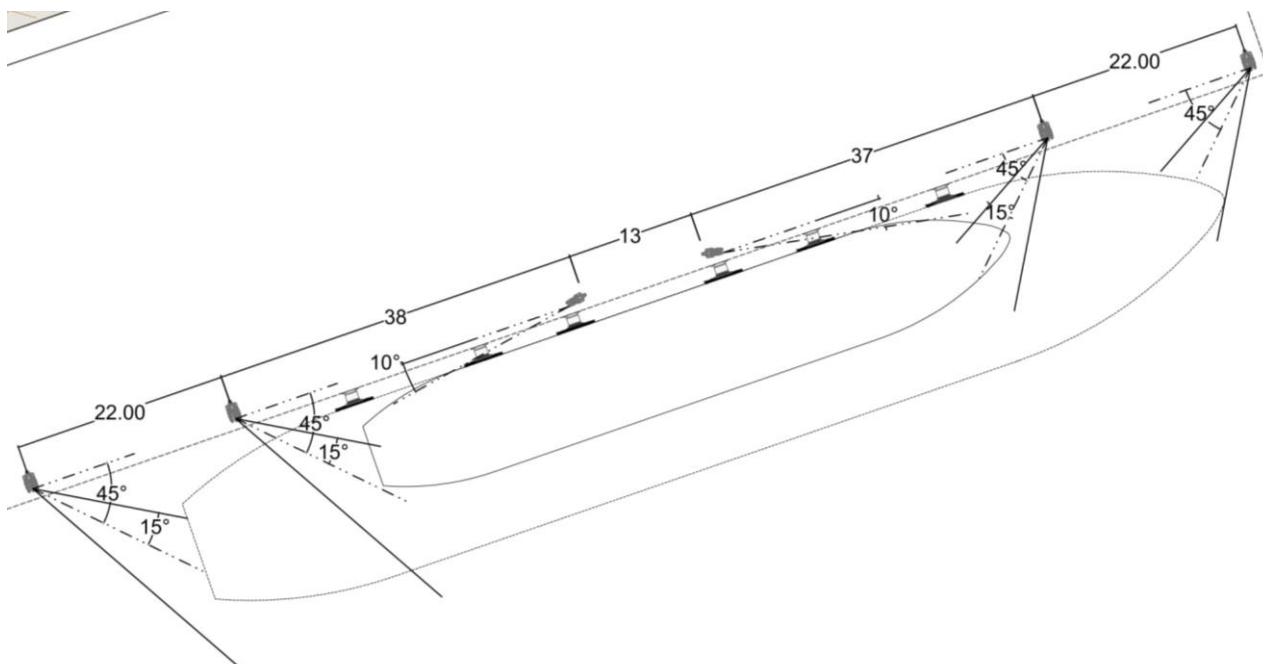


Figura 24. Esquema de amarras para el frente de atraque de la nueva terminal

#### 6.3.4 Layout de las instalaciones, sistemas y equipos propuestos

Teniendo en cuenta las instalaciones, sistemas y equipos descritos anteriormente, así como las restricciones asociadas a éstos, la implantación en el muelle comercial de Palamós se ilustra en el Anexo III. En éste se incluyen tanto los equipos considerados inicialmente como la propuesta en base a una futura posible ampliación.



## 6.4 Infraestructura de la planta de regasificación

El detalle de la infraestructura de las plantas de regasificación queda fuera del alcance del esquema logístico considerado por el propietario de la planta *small scale* de descarga de GNL. Sin embargo, se describen las distintas opciones de planta de regasificación por las que pueden optar los clientes en función de sus necesidades y de su ubicación.

En primer lugar, la planta de regasificación deberá respetar las medidas de seguridad establecidas por la ley vigente. De forma genérica, el emplazamiento deberá ser de fácil acceso para vehículos y personas, y estar provisto de un cercado perimetral de protección para personal no autorizado, con puertas vigiladas y carteles de seguridad de advertencia sobre las características de los productos almacenados, peligros y medidas de seguridad.

Los equipos necesarios variarán según si las plantas satélites de regasificación obtienen la energía necesaria para el proceso de vaporización de agua de mar o de aire ambiente, ya que las instalaciones necesarias son distintas. Para el caso de plantas de regasificación en emplazamientos costeros que pueden fácilmente captar agua marina se dispone generalmente de:

- Piscinas de captación y bombeo de agua de mar
- Vaporizadores de agua de mar
- Unidades de tratamiento del agua

Aquellas plantas que estén situadas en el interior, deberán obtener la energía para la regasificación del aire ambiente, de modo que los vaporizadores serán:

- Vaporizadores con aire ambiente y ventilación asistida (AAVFA)

En el caso de prever plantas satélites de regasificación de GNL para introducción de gas natural en la red, las instalaciones serán:

- Tuberías de emisión del gas natural a la red de gasoductos
- Estaciones de regulación y medida
- Unidades de odorización
- Unidades de cromatografía
- Unidades de gas nitrógeno seco

## 7 ANALISIS DE COSTES

### 7.1 CAPEX

El CAPEX, del inglés *Capital Expenditures*, son las inversiones en bienes de capitales que crean beneficios. El CAPEX, del proyecto planteado depende, por lo tanto, de la alternativa elegida en cuanto a ubicación de la terminal y del escenario de demanda. La definición de la ingeniería conceptual realizada para las instalaciones de descarga y almacenaje de GNL en el Puerto de Palamós aporta datos suficientes para la realización de un CAPEX de clase IV en base al sistema de clasificación de estimaciones de coste de la AACE International [15]. Esta clasificación establece que, para el nivel de detalle de la ingeniería desarrollada en este proyecto, el rango de variación de la estimación de costes va de un -15% a -30% en el lado bajo y de un +20% a 50% en el lado alto.

El CAPEX se realiza según la opción de demanda considerada para la proyección de la terminal de descarga y almacenaje de 1.100 m<sup>3</sup> de GNL. La descripción de los equipos e instalaciones del apartado correspondiente a la propuesta de implantación y, los planos de la terminal del Anexo III, reflejan las principales dimensiones y características de los elementos cotizados. Las hipótesis que se han considerado para la realización de dicho ejercicio han sido las siguientes:

- Se han valorado los equipos principales de la propuesta de implantación, utilizando para ello referencias de precios de mercado y la experiencia de SENER adquirida en otros proyectos. A partir de ahí, el resto de los costes se han estimado en base a coeficientes estadísticos de plantas similares de las que SENER dispone de información.
- Todos los precios son en euros y no se ha considerado ningún coeficiente de escalación, es decir, se han usado precios actuales constantes.
- Todos los precios incluyen los medios materiales, equipos y mano de obra necesaria para la completa ejecución de la partida.
- Están estimados los servicios de ingeniería de detalle, gestión de proyecto, supervisión de construcción y puesta en marcha, así como las instalaciones temporales necesarias. El valor de dichos servicios figura aparte, es decir, no están repercutidos de ninguna forma en el precio de los ítems de suministros ni en la construcción.

- Se han considerado unas contingencias de un 6% sobre el total.
- Se ha considerado una partida de costes indirectos para incluir el coste de los seguros relacionados con la construcción, posibles avales y otros. Se ha aplicado un porcentaje estadístico del 2% sobre el coste total.
- Se ha estimado el beneficio del contratista en un 10% sobre el coste total.
- Los siguientes conceptos han sido excluidos de la estimación: gastos de aduanas, aranceles, impuestos y tasas en general, visados, asesoría legal, licencias, riesgo de cambio y previsión período de garantía.
- Se ha asumido que el promotor no invertirá en buques metaneros, sino que contratará el transporte marítimo con un determinado armador, asumiendo el coste del flete y los costes operativos del trayecto a realizar (básicamente el combustible y las tarifas portuarias).
- Se ha considerado un plazo total de construcción y puesta en marcha de 12 meses.

La Tabla 14 resume las principales partidas consideradas con su respectiva estimación.

Tabla 14. CAPEX de la nueva terminal

	Unid.	Cant.	Parámetro	Valor EUR
<b>SERVICIOS DE INGENIERÍA DE DETALLE Y OTROS ESTUDIOS</b>	Meses	6	- Desarrollo Ingeniería detalle del frente de atraque - Desarrollo Ingeniería detalle Tanque LNG - Desarrollo Ingeniería Detalle Procesos - Estudios	450.000
<b>HOME OFFICE</b>	Meses	12	Toda la parte de <i>Management Team</i> : ([Gestión Proyecto - Contrato] + [Compras y Subcontratos] + [Control de Proyecto])	250.000
<b>SUMINISTRO Y MONTAJE DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE GNL</b>	Ud	1	Tanque de 1.250 m3 de capacidad	200.000
<b>SUMINISTRO Y MONTAJE DE EQUIPOS Y MATERIALES DE PROCESOS</b>				
- Brazo GNL	Ud	2	6"	300.000
- Brazo BOG	Ud	1	6"	100.000
- Suministro de Tuberías retorno BOG	ml	100	Tubería de retorno de BOG de 6" de inoxidable para servicio criogénico de 50 m	100.000

- Relicador de <i>Boil-off</i> Gas para envíe al tanque de almacenamiento	Ud	1		200.000
- Isla de Carga de Cisternas	Ud	1		700.000
- Antorcha	Ud	1		60.000
- Sistema de PCI	PA	1		300.000
- Unidad Paquete de Nitrógeno	Ud	1		60.000
- Edificio control			Dos plantes de aproximadamente 50 m2	105.000
- Resto Suministro de Equipos	%		Bombas de pequeño caudal, Atemperadores, Recipientes varios, Grúas y otros equipos de procesos y servicios de Planta	40.000
- Suministro Equipos y material eléctrico	%			100.000
- Suministro Equipos y material instrumentación	%			150.000
<b>Mejora Terrenos / Viales / Gasoducto</b>				240.000
<b>SUMINISTRO Y MONTAJE EQUIPOS MARITIMOS</b>				
<b>Defensas</b>	Ud	4		67.000
<b>GER</b>	Ud	6		57.000
<b>Otros</b>				80.000
<b>SERVICIOS DE SUPERVISION DE CONSTRUCCION EN CAMPO Y PUESTA EN MARCHA</b>	Meses	12	Toda la parte de Supervisión en Campo durante la Construcción Toda la parte de Supervisión del Comisionado y Puesta en Marcha (Horas Directas & Indirectas) Toda la parte de Consumibles	432.000
<b>INSTALACIONES TEMPORALES</b>				40.000
<b>INDIRECTOS (SEGUROS, AVALES...)</b>				80.620
<b>CONTINGENCIAS</b>				300.000
<b>BENEFICIO CONTRATISTAS</b>				360.000
<b>VALOR TOTAL</b>				<b>4.771.620</b>

## 7.2 OPEX

El OPEX, del inglés *Operating Expense*, hace referencia a los gastos atribuidos al funcionamiento de la terminal *small scale* de GNL proyectada. En este sentido, únicamente se considerarán los costes operativos desde el punto de vista del propietario de la terminal. Por lo tanto, partidas como los costes operativos desde el punto de vista del armador y del fletador u otros costes como el transporte mediante camión cisterna y la planta de regasificación quedarán excluidos del OPEX y se considerarán únicamente en la estructura de costes para la estimación del coste global de la cadena de suministro.

Tabla 15. OPEX de la nueva terminal

Plantilla	Ct	Salario anual	EUR
Operador	5	40.000	200.000
Gerente	1	70.000	70.000
Subcontratos			
Limpieza	1		7.000
Seguridad	1		25.000
Mantenimiento anual	4% CAPEX		195.394
Seguros			
Seguros	1,5% CAPEX		73.273
Consumibles			
Electricidad			48.000
Agua			2.000
Nitrógeno			5.000
Telefonía			2.000
<b>TOTAL</b>		<b>ANUAL</b>	<b>627.666</b>
		SOBRE CAPEX	12,8%

Para la estimación del OPEX se han tenido en cuenta las siguientes partidas e hipótesis:

- Los seguros anuales asociados al funcionamiento y a la transferencia de riesgos de la propia terminal se han estimado como un porcentaje del CAPEX equivalente al 1,5%.
- Dadas las características de la terminal, se estima necesaria una presencia permanente de un operario para gestionar las descargas de GNL y la supervisión de las instalaciones en general. Teniendo en cuenta los turnos y días festivos, se considera una plantilla fija de 5 operarios además del gerente.

- Se subcontratarán los servicios de limpieza, de seguridad durante la descarga del buque de GNL y de mantenimiento. A pesar de que los primeros años el mantenimiento integral de las instalaciones pueda ser menor, debido a la adaptación de las instalaciones y a la innovación de los procesos, se considera un coste anual fijo de un 4% del CAPEX.
- Se consideran unos consumibles de electricidad asociados al funcionamiento de las bombas y de la iluminación nocturna, de agua, de nitrógeno y de telefonía.

Los costes para cada una de las citadas partidas se resumen en la Tabla 15.

### 7.3 Análisis financiero

El objetivo de realizar un análisis financiero simplificado es determinar la viabilidad económica del proyecto. Para ello, en primer lugar, se completará la estructura de costes descrita en la cadena logística con los datos que se disponen de los detalles de la propuesta de implantación y del análisis del CAPEX y del OPEX. De este modo se obtendrá una estimación de los costes asociados a cada etapa de la cadena logística que revertirán en el precio de compra del GNL por cada uno de los agentes. En segundo lugar, se analizará la viabilidad económica del proyecto de terminal *small scale* de GNL. Por último, se evaluará la competitividad del producto obtenido por el cliente teniendo en cuenta tanto las ventajas asociadas a la obtención de frío en el proceso de regasificación como el precio de mercado del gas natural.

#### 7.3.1 Estimación cuantitativa de la estructura de costes

La cuantificación de los costes se ha llevado a cabo considerando las distintas etapas identificadas en la logística del GNL. Éstos se han determinado de forma unitaria para volúmenes de pequeña escala. Los cálculos se han realizado con datos de tablas IGU (International Gas Union), para un tipo de GNL de composición media, tal que:

$$1 \text{ m}^3 \text{ de GNL} = 585 \text{ Nm}^3 / \text{m}^3 \text{ GNL}$$

$$1 \text{ Nm}^3 = 12,03 \text{ kWh}$$

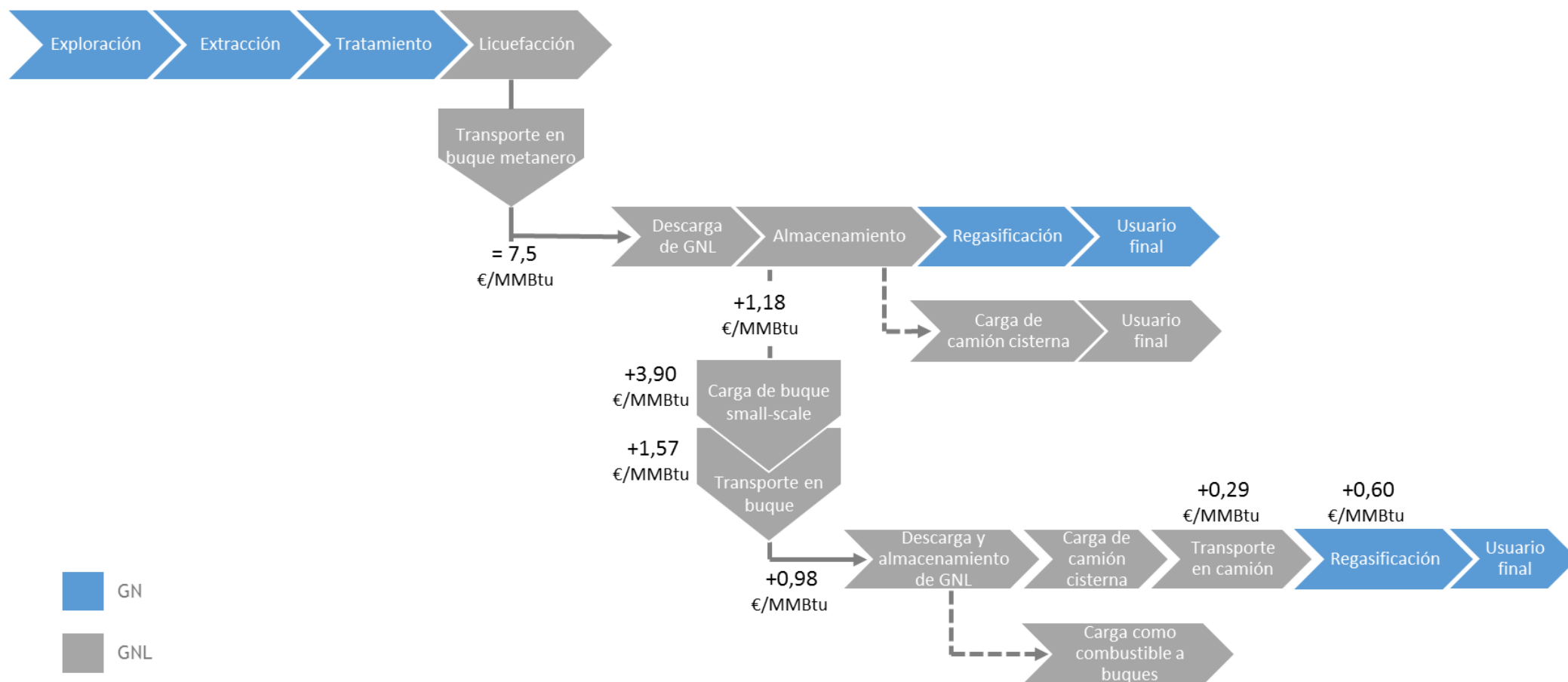


Figura 25. Costes asociados a las distintas etapas de la cadena logística considerada

Partiendo del precio base de GNL de Enagás, se han adicionado los costes asociados a cada etapa como ahora bien las escalas en los puertos, la carga del buque, los transportes marítimo y terrestre o el de regasificación. Los costes derivados de la descarga del buque en GNL.Palamós (la nueva terminal *small scale* proyectada), el almacenamiento y la carga de camiones cisterna en la misma terminal se han considerado integrados en el CAPEX y OPEX de la misma. Por lo que se refiere al transporte marítimo, se ha incluido en el coste total de flete del metanero los costes operativos desde el punto de vista del armador (personal, mantenimiento, seguros, capital,...) y los costes operativos desde el punto de vista del fletador (flete, combustible, tasas portuarias,...). La Figura 25 y la Tabla 16 muestran los costes estimados asociados a cada una de las operaciones involucradas en la cadena logística.

Tabla 16. Desglose de los costes estimados

Concepto	Valor	Unidad
Precio base LNG Enagás	7,5	EUR/MMbtu
Coste escala Puerto Barcelona	1,18	EUR/MMbtu
Coste carga de buque <i>small scale</i>	3,57	EUR/MMbtu
Coste fijo por buque	88.000	EUR/buque
Coste variable según capacidad	0,39	EUR/MMbtu
Coste transporte marítimo*	0,79	EUR/MMbtu
Coste escala Puerto Palamós	0,89	EUR/MMbtu
Coste descarga y almacenamiento	0	EUR/MMbtu
Coste carga GNL cisternas	0	EUR/MMbtu
Coste transporte GNL a destino (120 km i/v)*	0,19	EUR/Mmbtu
Coste transporte lleno	2,20	EUR/km
Coste transporte vacío	1,10	EUR/km
Coste regasificación	0,6	EUR/MMBtu
COSTE para GNL.Palamós	13,93	EUR/MMbtu
PRECIO VENTA (+10% margen)	15,32	EUR/MMbtu
COSTE para el usuario final	16,12	EUR/MMbtu
COSTE ENERGIA	55,58	EUR/MWh

\*incluye margen de comercialización

El conjunto de costes y una consideración de un beneficio industrial de un 10% de la terminal ha permitido fijar el precio de venta de GNL.Palamós a 15,32 €/MMBtu que resulta en un coste para el usuario final de 16,12 €/MMBtu (equivalente a 55,58 €/MWh).



### 7.3.2 Viabilidad económica de la terminal *small scale*

La metodología seguida para la realización del estudio de viabilidad económica es la siguiente:

1. Recopilación de los datos determinados en el proyecto:
  - a) Cuadros de costes CAPEX y OPEX
  - b) Costes descritos en la estimación cuantitativa de la estructura de costes para la compra y transporte del GNL por el promotor de la terminal
  - c) Frecuencia de descarga de buques metaneros
  - d) Demanda estimada
2. Determinación de datos hipotéticos:
  - a) No se han considerado subvenciones al proyecto, aunque debido a su carácter sostenible podría ser merecedor de éstas.
  - b) En base a las características del proyecto, las infraestructuras y la demanda estimada se considera una vida útil del proyecto de 24 años (de 2020 a 2043). Cabe destacar que la construcción de la terminal se realizará un año antes, el 2019.
  - c) La tasa de actualización de los flujos monetarios será del 9%.
  - d) Los ingresos están referidos al primer año y se aplica el IPC anualmente. Se considera un 3% de inflación y un aumento de los salarios de un 4% anual.
  - e) Para el financiamiento de las obras se hará uso del endeudamiento con entidades bancarias, de modo que se generarán unos gastos financieros.
  - f) Se considera que las obras serán financiadas mediante capital propio (800.000 €) y un préstamo (5.403.106 €). Se han supuesto unos intereses iguales a un 6% y un plazo de amortización de 25 años.
  - g) Considerando una operatividad de la planta de 48 semanas al año y un beneficio industrial de la terminal de un 10%, se han supuesto unos ingresos anuales por venta de GNL de 18.680.400 €. Asimismo, se han considerado unos gastos por abastecimiento de GNL de 16.812.360 € derivados de los costes asociados a la cadena logística.
  - h) Se ha considerado un canon de ocupación terrestre de 25 €/m<sup>2</sup>, un canon de ocupación de agua de 2 €/m<sup>2</sup> y un canon de actividad de un 1,5 %.

### 3. Cálculo a lo largo de la vida útil del proyecto:

- a) Cuenta de pérdidas y ganancias
- b) Flujo de caja
- c) Valor Actual Neto (VAN)
- d) Tasa Interna de Retorno
- e) Periodo de retorno de la inversión

#### 7.3.2.1 Cuenta de pérdidas y ganancias

En esta cuenta se recogen todas las cuentas de pérdidas y ganancias (las obligaciones y derechos de pagar y recibir respectivamente de un flujo monetario) de la terminal GNL.Palamós para, a lo largo de su vida útil, determinar los beneficios anuales.

En el Anexo IV se indican y se cuantifican las cuentas de pérdidas y ganancias. Por lo que se refiere a los costos, se especifican aquellos generados por la explotación de la terminal propiamente, los referentes a la amortización de la obra (amortización anual y cánones de ocupación y de actividad), a la compra de GNL y al interés del préstamo.

A partir de los resultados de la tabla de pérdidas y ganancias, se observa que los beneficios antes y después de impuestos son positivos a partir del 2020, ya que en el primer año únicamente se realiza la construcción de la terminal y no se generan beneficios de actividad. Los beneficios después de impuestos se sitúan entre los 180.229 € (2020) y 892.990 € (último año), tal y como se muestra en la Figura 26.

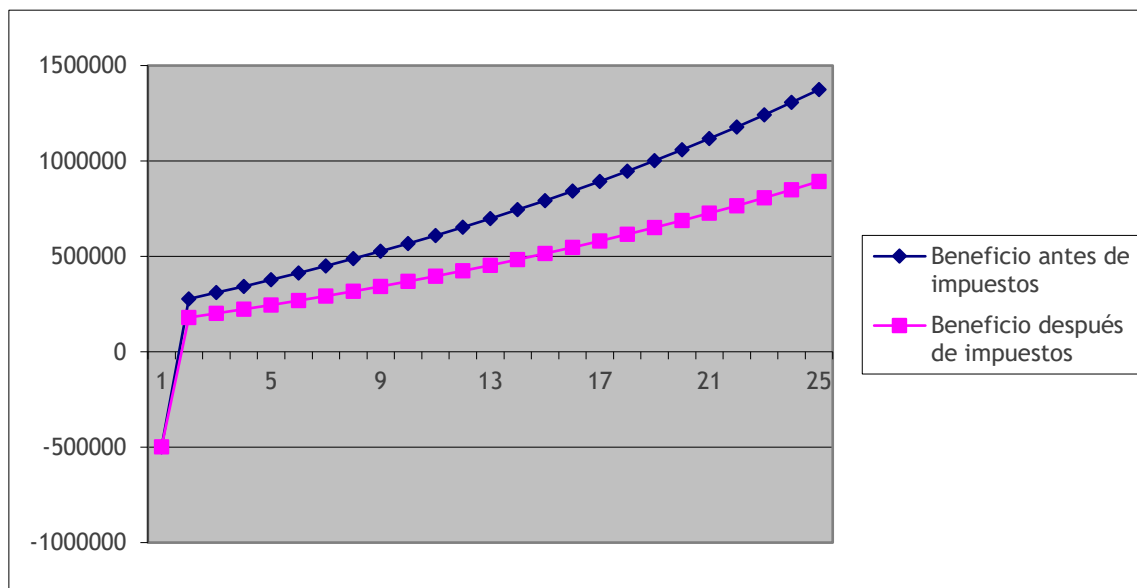


Figura 26. Beneficios anuales antes y después de impuestos

### 7.3.2.2 Flujo de caja

En la cuenta de flujos de caja se muestran los flujos monetarios reales derivados de los ingresos y gastos. Por lo tanto, el activo más líquido de cada uno de los años de la concesión estará reflejado en esta cuenta.

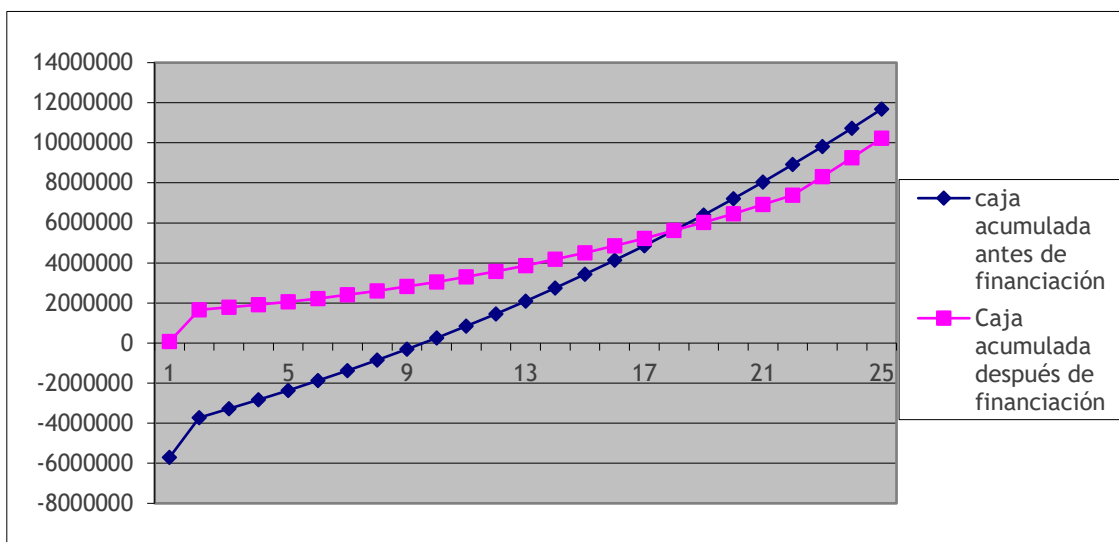


Figura 27. Caja acumulada antes y después de financiación

En el Anexo IV se incluye el flujo de caja para los distintos años de la vida útil del proyecto. De la tabla se pueden apreciar que el *cash-flow* operativo únicamente es negativo el primer año de explotación, dada la inversión que es necesario realizar. Sin embargo, si se añade el financiamiento, donde entrarían los préstamos de las entidades financieras y las aportaciones de capital, el cash-flow acumulado es positivo, lo cual permite hacer frente a los pagos necesarios. Los resultados se muestran en la Figura 27.

### 7.3.2.3 Valor Actual Neto (VAN)

El VAN es la suma de todos los flujos netos de caja generados en cada uno de los años de la concesión actualizados a día de hoy. Matemáticamente:

$$VAN = \sum_{j=0} \frac{Q_j}{(1+k)^j} \quad (\text{Ecuación 2})$$

donde  $Q_j$  es el valor del flujo monetario neto el año  $j$  y  $k$  es la tasa de actualización. Para el primer año,  $Q_0$ , se incluirá la inversión de la obra, de manera que el valor  $Q_0$  será negativo.

Se aceptarán aquellas inversiones que den un VAN positivo al ser indicativo de que se está creando valor para la empresa, ya que implica una devolución y retribución de todos los capitales y que están generando un excedente igual al VAN.

En el Anexo IV, donde se indican los flujos de caja, se muestran los valores de los flujos monetarios netos generados para cada año. Considerando una tasa de actualización del 9%, se obtiene un valor del VAN de 1.074.760 € antes de financiamiento, y de 3.276.395 € después de financiamiento. Por lo tanto, desde el punto de vista del VAN, la construcción y la explotación de la terminal es rentable.

#### 7.3.2.4 Tasa Interna de Retorno (TIR)

El TIR es la tasa que hace que el VAN sea cero e indica la rentabilidad del proyecto. Se aceptará la inversión siempre que la TIR sea mayor que el coste del capital. Matemáticamente:

$$\sum_{j=0} \frac{Q_j}{(1 + TIR)^j} = 0 \quad \text{(Ecuación 3)}$$

En este caso se ha obtenido una TIR del 11,91 %, superior al 9% considerado, por lo tanto, la inversión es rentable.

#### 7.3.2.5 Periodo de retorno de la inversión (pay-back)

El periodo de retorno de la inversión son los años que deben pasar para que el *cash-flow* descontado acumulado sea positivo. En este caso, el periodo de recuperación de la inversión se da tras 16 años de operación de la terminal, tal y como se aprecia en la Figura 28.

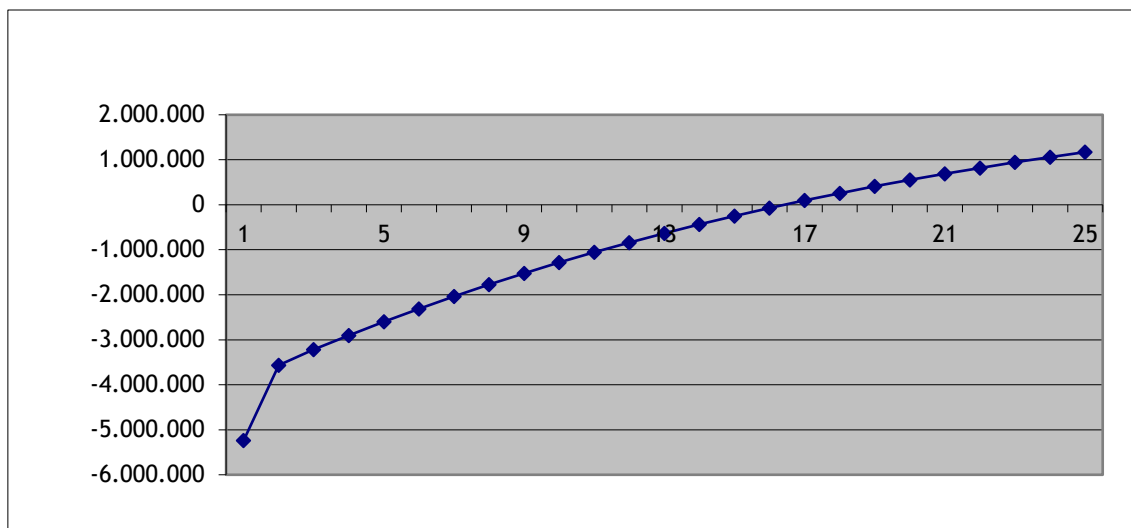


Figura 28. Cálculo del periodo de retorno de la inversión

Cabe destacar que el estudio de rentabilidad realizado es una estimación sujeta a la prognosis de demanda realizada para la duración de la vida del proyecto. En este sentido, pasados unos años tras la implantación del proyecto, sería necesario realizar un nuevo estudio financiero para modificar, en caso de que sea necesario, los patrones de demanda y, en consecuencia, el precio de venta de GNL estimado.

## 7.4 Análisis de las externalidades

El presente análisis socioeconómico evalúa el interés de implantar una cadena logística alternativa a la de expedición de GNL desde el Puerto de Barcelona mediante una combinación de transporte marítimo y un transporte terrestre de corta distancia. La evaluación se realiza a partir de un análisis socioeconómico que parte de la monetización a lo largo del tiempo de impactos y beneficios desde la óptica de la sociedad en general.

Se toma como Escenario de Referencia el escenario de transporte de GNL por vía terrestre, consistente en el subministro de GNL mediante camiones cisterna que viajan diariamente entre el puerto de Barcelona y los clientes industriales en la región de Girona (radio de 90 km desde el puerto de Palamós), en un itinerario de 131 km de longitud de promedio.

El Escenario de Proyecto corresponde a una cadena logística marítima entre el puerto de Palamós y la región de Girona (radio de 90 km desde el puerto de Palamós), en un itinerario de 60 km de longitud de promedio.

Los impactos socioeconómicos de la implantación de cadenas marítimas se evaluarán como la diferencia entre los escenarios de Proyecto y de Referencia. A continuación, se enumeran las principales hipótesis y consideraciones tomadas en cuenta para el análisis, aunque en el Anexo V se encuentran todos los parámetros de la operativa:

- Horizonte temporal de 24 años.
- Ahorro de 5 cisternas/día desde el Puerto de Barcelona.
- Tanto en el transporte marítimo como en el terrestre, se asume un 35% de mejora tecnológica de los vehículos en 24 años, por lo que se considera que en 2043 los vehículos serán un 35% más limpios (menos emisiones) y más seguros (menos accidentes) que en 2020.

#### 7.4.1 Metodología y justificación del cálculo

A continuación, se presenta la metodología de cálculo para cada uno de los impactos identificados, juntamente con la especificación de parámetros y fuentes documentales empleadas.

##### 7.4.1.1 *Congestión viaria en zonas urbanas*

En zonas urbanas, el tráfico viario, y en especial, el tráfico de pesantes contribuye a la congestión. Los costes de congestión afectan tanto la productividad del sistema de transportes, como la calidad de vida de los residentes. Se considera este impacto solamente en entorno urbano, lo cual supone el 74,6% del itinerario total ahorrado.

##### 7.4.1.2 *Ruido en zonas urbanas*

En zonas urbanas, el ruido derivado del tráfico viario, y en especial, el tráfico de pesantes contribuye al descenso de la calidad de vida de residentes. El coste unitario de la congestión viaria se considera únicamente en entorno urbano.

##### 7.4.1.3 *Emisiones gases del efecto invernadero (GEI)*

Las emisiones de GEI son las causantes del efecto invernadero y del calentamiento planetario. Se calculan las emisiones de GEI como la diferencia entre las emisiones derivadas de la cadena combinación de transporte marítimo-terrestre y las derivadas de la cadena terrestre.

- **Cadena terrestre**

Para el sector de transporte por carretera, se parte de la longitud de viaje medio entre Barcelona y el área de influencia de Palamós y del número de expediciones anuales según el escenario de demanda considerado (5 camiones/día)

Se consideran los factores de consumo a partir de camiones 34-40 tn EURO-VI [16]. Se utilizan los factores de emisión de GEI asociados a combustible consumido por camiones diésel pesados. Se considera una mejora tecnológica de los vehículos del 35% en 25 años (factor de emisión en 2043 = 0,65 x factor emisión 2020). Asimismo, se estima que la distancia media ahorrada es de alrededor de 71 km entre los trayectos realizados desde el puerto de Barcelona y los realizados desde el puerto de Palamós.

- **Cadena marítima**

Se parte de la longitud de viaje entre el Puerto de Barcelona y el Puerto de Palamós (48 millas náuticas), del número de ciclos anuales, la velocidad del buque y consumo del mismo de acuerdo con un estudio realizado por SENER (2016), lo que resultan las emisiones para cada uno de los períodos considerados en el estudio. Al igual que para la cadena terrestre, se considera una mejora tecnológica de los buques del 35% en 25 años (factor de emisión en 2043 = 0,65 x factor emisión 2020).

#### *7.4.1.4 Emisiones Contaminantes*

- **Cadena terrestre**

Se consideran las emisiones de partículas PM<sub>2.5</sub> y NO<sub>x</sub> de la cadena terrestre a fin de cuantificar su impacto sobre la salud de las personas. Las PM<sub>2.5</sub> son partículas en suspensión de menos de 2,5 micras (PM<sub>2,5</sub>), indicador de la contaminación atmosférica, generadas de los vehículos diésel y con efectos graves sobre la salud de las personas por su gran capacidad de penetración en las vías respiratorias. Los óxidos de nitrógeno NO<sub>x</sub> son contaminantes comunes que contribuyen a la formación de ozono fotoquímico con consecuencias severas para la salud.

Se parte de los factores de emisión según camiones 34-40 tn EURO-VI [16] tanto en vacío como en lleno y se considera una mejora tecnológica de los buques del 70% en 50 años (factor de emisión en 2050 = 0,3 factor emisión 2015)

- Cadena marítima

Puesto que la escala de impacto de contaminantes es considerada local y regional, no se considerarán las emisiones de PM<sub>2.5</sub> y de NO<sub>x</sub> en alta mar por su baja incidencia en la salud de las personas.

#### *7.4.1.5 Riesgo de accidentes en el transporte terrestre*

Se valora el riesgo en función de las estadísticas actuales de accidentes graves o severos de camión por cada millón de vehículos por kilómetro. Un accidente severo puede o no implicar pérdida de carga.

De acuerdo con datos un estudio sobre la siniestralidad del transporte pesado en España [17], en España se dieron en 2009, 3.533 accidentes de camión, de los cuales 146 pueden considerarse graves. Cabe destacar que la comunidad autónoma con mayor cantidad de siniestros de camiones fue Cataluña, en la que se produjeron el 25,5% de ellos. Anualmente, los camiones en España recorren  $2.918,5 \cdot 10^6$  vehículos por kilómetro (vkm).

De estos datos se desprende una posibilidad de 0,05 accidentes severos por 1.000.000 vkm pesados en la actualidad.

Bajo hipótesis de mejora de la seguridad de los vehículos y las infraestructuras del 35% hasta 2043, se actualiza la probabilidad de 0,033 accidentes severos por 1.000.000 vkm pesados en el año 2043 (considerando una progresión lineal).

Asimismo, se realiza la estimación de población urbana expuesta al riesgo del transporte de mercancías peligrosas. Para ello se cruzan los distritos y municipios de la traza viaria y la densidad de habitantes correspondientes.

Se establece un perímetro de sensibilidad alta al transporte de mercancías peligrosas de 100 m a ambos lados de la traza y un entorno de sensibilidad moderada al transporte de mercancías peligrosas de 500 m a ambos lados de la traza.



#### 7.4.2 Síntesis de los resultados

El conjunto de resultados obtenidos se muestra en el Anexo V juntamente con las hipótesis realizadas.

Los principales beneficios identificados corresponden a los beneficios ambientales y sociales derivados de la menor circulación de camiones con carga peligrosa a lo largo de 71 km del territorio catalán, aproximadamente 75% de los cuales a través de entornos urbanos.

El beneficio ambiental asciende a 2,71 millones de euros (emisiones, ruido y congestión). Dichos resultados se resumen en la Tabla 17, en ella se muestran los beneficios totales agregados de los 24 años, derivados de la implantación de cadenas logísticas combinadas (marítimas-terrestres) respecto cadenas terrestres. Dichos valores no incorporan los beneficios derivados de la reducción de emisiones GEI por el suministro de GNL para combustible de embarcaciones. Se aprecia que los ahorros en los factores analizados son todos positivos excepto en los gases de efecto invernadero, debido al mayor recorrido en transporte marítimo.

**Tabla 17. Beneficios totales agregados de los 24 años de operativa de la terminal**

<b>Balance neto anual</b>	<b>Ahorro en congestión</b>	<b>Ahorro en ruido</b>	<b>Sobrecoste en GEI</b>	<b>Ahorro en contaminantes (PM2.5, Nox)</b>
2.711.979 €	2.474.990 €	258.957 €	37.506 €	15.538 €

Por otro lado, el riesgo de accidente de un camión cisterna es muy relevante. Con las estadísticas actuales, en Catalunya se dan 1,21 accidentes de camión por cada millón kilómetros recorridos y uno de cada 25 accidentes es muy grave. Cada año, la cadena terrestre recorre casi 260.000 kilómetros, la mitad de ellos mientras los camiones van cargados con GNL. Aun suponiendo la mejoría en el tiempo de la seguridad de los vehículos e infraestructuras de transporte (se ha considerado hasta un 35% en 25 años), cabría la posibilidad de que se diera 1 accidente grave durante el periodo.

En base a estas hipótesis, debido a la alta densidad del área metropolitana de Barcelona casi 230.000 personas estarían expuestas a menos de 100 m del itinerario, y alrededor de 900.000 personas más estarían expuestas en el buffer 500 m. Aunque no se ha monetizado el valor de las vidas humanas afectadas, tendrían una relevancia

importante en caso de accidente ya que, en los 71 km ahorrados, las personas afectadas gravemente estarían alrededor de las 320 y las moderadamente afectadas de las 1.300.

Actualmente, el itinerario del Escenario de Referencia discurre durante 13 km en entornos fuertemente urbanizados (travesías urbanas, ronda metropolitana de Barcelona, entre otras) y 40 km en entornos urbanizados. Si los tráficos de mercancías peligrosas aumentan en el tiempo, serán necesarios nuevos itinerarios y variantes urbanas ante legislaciones que cada vez serán más duras, y ante oposición social creciente. Esto tiene un coste que es importante y que no se ha valorado en el presente análisis.

## 8 DAFO

El interés de realizar un análisis DAFO (estudio de Debilidades, Amenazas, Fortalezas y Oportunidades) viene dado por la posibilidad de poner de relieve tanto la situación interna de la propuesta planteada (Debilidades y Fortalezas) como la externa (Amenazas y Oportunidades). El objetivo de determinar los factores controlables de la situación interna y los factores no controlables de la situación externa es adoptar la estrategia de implantación que más se adecue a cada caso particular identificando las ventajas competitivas. La matriz DAFO reflejará, por lo tanto, los distintos aspectos planteados a lo largo del estudio.

### 8.1 Debilidades

La propia propuesta de terminal de importación *small scale* de GNL permite detectar una primera debilidad a la cual el sistema gasista español, al igual que muchos otros, debe hacer frente. Ésta es la prácticamente nula producción nacional de gas natural que genera la necesidad de importar dicha fuente de energía, pero que a la vez repercute en las posibles oportunidades y amenazas como se describe a continuación en los apartados correspondientes. Este hecho se acentúa con el transporte del gas natural por gaseoductos, ya que el poder de negociación de las fuentes es mucho más relevante. Los gaseoductos también tienen otros inconvenientes como el hecho de requerir recursos significativos en términos de inversión y de tiempo, así como de trámites burocráticos. Además, para que los gaseoductos sean rentables, debe transportarse un volumen de gas suficientemente elevado.

A su vez, la necesidad de importar y la extensa cadena de abastecimiento dificulta la participación de medianas empresas. El hecho de que el mercado del gas natural esté mayoritariamente en manos de grandes grupos limita la innovación como motivo de competitividad. De este modo, al disponer de un elevado margen de negocio, no necesitan introducir innovaciones como el aprovechamiento del frío obtenido en el proceso de regasificación. Esto supone una debilidad desde el punto de vista del usuario y de la sociedad en general, ya que la capacidad de refrigerar en Barcelona sería tal que permitiría refrigerar los túneles de metro.

Además, la compleja cadena de abastecimiento del GNL precisa grandes responsabilidades en las distintas etapas aumentando el riesgo de los contratos. Por lo que se refiere a las necesidades específicas del transporte de GNL, el tamaño de los buques metaneros y las distancias de seguridad necesarias para realizar las operaciones de GNL implican una serie de restricciones que reducen el abanico de posibilidades geográficas de implantación de dichas terminales. En cambio, las restricciones de la red nacional de transporte de gas natural están ligadas a la poca flexibilidad que éstas ofrecen. Asimismo, a nivel de infraestructuras y de equipamiento marítimo, para las terminales de importación de GNL las inversiones iniciales son elevadas y su implantación suele depender de la estrategia energética del país.

## **8.2 Amenazas**

Como se ha destacado anteriormente, la ausencia de capacidad de producción de gas natural genera una amenaza al crear una dependencia energética con una fuerte componente económica. Ésta podría acentuarse en caso de que se crearan monopolios de exportación que no favorecieran la diversificación de fuentes o bien en caso de que hubiese cortes de suministro por parte de sus principales proveedores. La geopolítica pasa así a jugar un papel fundamental a la hora de garantizar el suministro de gas natural.

A nivel legislativo, el gas natural lleva asociado una serie de riesgos que pueden traducirse en trabas legislativas para el desarrollo del mercado. Dichas trabas, además de dificultar la implantación de procesos o productos relacionados con el GNL, pueden generar una desconfianza en los usuarios y clientes que hagan disminuir la demanda a pesar de las medidas de seguridad establecidas por la propia ley. En línea con lo anteriormente expuesto, y teniendo en cuenta uno de los parámetros considerados en el análisis multicriterio, posiciones en contra por parte de ambientalistas pueden tener un papel relevante en la tramitación administrativa y demorar los plazos.

Mientras que en el transporte por gaseoducto sus características inducen algunas debilidades ya comentadas, el transporte de GNL mediante buques metaneros está sujeto a factores externos como el tiempo o la disponibilidad de buques que pueden suponer cierta incertidumbre. Para el caso concreto de la terminal de Enagás de Barcelona, un posible fallo que interrumpiese las llegadas de buques metaneros

supondría una amenaza considerable al ser ésta la entrada con mayor capacidad y fuente de suministro de una demanda local muy amplia.

Para el caso de la terminal *small scale* de descarga de GNL propuesta, la principal amenaza es el riesgo asociado a la innovación, ya que no existen referentes ni ningún otro proyecto de características similares a nivel nacional. Este factor puede requerir de un cierto periodo de aceptación, por lo que es necesario introducir transparencia en el proceso y dar importancia a la comunicación.

Otra amenaza ligada a la propia construcción de la terminal son los retrasos en los plazos de entrega que puede conllevar el incumplimiento de compromisos comerciales e impacto en los resultados de flujos de caja esperados. A nivel comercial, otro riesgo a tener en cuenta son las fluctuaciones en el precio de compra del GNL a Enagás. Las tarifas con los consumidores deberán ser fijadas de forma que los márgenes comerciales y la rentabilidad del proyecto no se vean comprometidos.

### **8.3 Fortalezas**

La sensibilización por el medioambiente es un aspecto que cada vez toma más importancia en nuestra sociedad y el gas natural tiene un gran potencial para jugar un papel relevante al ser un combustible más limpio que el resto de los hidrocarburos como el petróleo o el carbón. Además, sus distintas formas de transporte dan la posibilidad de abastecimiento de países que no cuentan con reservas de gas natural y que se encuentran a grandes distancias de las zonas de extracción. En concreto, el GNL permite a países netamente importadores diversificar el abastecimiento garantizando el suministro a los consumidores y evitando depender exclusivamente de un país.

Como se ha destacado en otros apartados, el menor precio frente a los combustibles tradicionales debido a las reservas mundiales estimadas posiciona el gas natural en una situación muy favorable respecto al resto. En consecuencia, la rentabilidad de los negocios asociados a éste hace que sea elevada sin dejar de ofrecer un servicio a un coste competitivo. Además, los costes del gas natural se han visto reducidos por las mejoras tecnológicas de los distintos procesos involucrados en la cadena logística. Gracias a ello, el gas natural ha podido sacar partido a sus ventajas para hacerse un lugar en la tendencia en auge de diversificar las fuentes energéticas. Así, su demanda

ha aumentado principalmente por sectores como el industrial, el comercial o el doméstico.

La flexibilidad del sistema para poder integrar un futuro aumento de la demanda también es un aspecto considerado en el diseño de terminales de descarga de GNL, al ser proyectadas para posibles futuras ampliaciones. En relación al diseño de terminales de descarga de GNL, se han destacado como una debilidad las restricciones que deben aplicarse a la hora de determinar el emplazamiento. Sin embargo, particularizando para el caso de Catalunya, las restricciones asociadas a las condiciones climatológicas no suponen una dificultad al ser éstas estables durante todo el año. De este modo, el transporte de GNL mediante buques metaneros garantiza el suministro a los consumidores sin suponer un riesgo para los intermediarios. Por último, la planteada solución *small scale* se sobrepone a la dificultad asociada a las elevadas inversiones en infraestructura y a los riesgos de plazo de entrega debido a su mayor rapidez de construcción y a su flexibilidad de operación.

#### **8.4 Oportunidades**

Las oportunidades nacen de las debilidades detectadas y la primera de ellas hacía referencia a la necesidad de importar el gas natural de otros países. El mercado de importación de GNL, gestionado de forma eficiente, es en sí la oportunidad a dicha debilidad. Además, también juega en su favor la tendencia al alza del consumo y las crecientes restricciones impuestas a nivel ambiental para disminuir la contaminación. En este sentido, las propiedades del GN constituyen una oportunidad para posicionarse como combustible alternativo limpio y favorecer su demanda en zonas de bajas emisiones como las citadas ECAs. También apuestan por dicho combustible la flota de camiones y combustibles o los vehículos y embarcaciones de tamaño medio o pequeño.

Partiendo de otra debilidad como es la rigidez de la red de gas natural y las distintas zonas geográficas que aún no tienen acceso a ella, el esquema de negocio planteado permite dar respuesta a dicha problemática. Mediante el transporte de GNL en camiones cisterna es posible el subministro a industrias y consumidores, ofreciendo una mayor diversidad energética con las consiguientes ventajas.

El esquema propuesto está alineado con distintas directivas que pretenden promover el GNL debido a sus ventajas ambientales. Es ejemplo de ello la Directiva

COM/2013/0018 que determina que los Estados miembros de la Unión Europea deberán garantizar la instalación de puntos de repostaje de GNL para transporte marítimo y fluvial. Éstos puntos deberán ser de acceso público en todos los puertos marítimos y fluviales incluidos en los nodos de la Red Transeuropea de Transportes (*TEN-T*) principal (*Core Network*), a más tardar el 31 de diciembre de 2025. Además, a más largo plazo, se deberá poder disponer de GNL en puertos distintos de los incluidos en la red inicial como es el caso de estudio.

La cadena logística propuesta no es una oportunidad únicamente para los consumidores, dado que también beneficia a las empresas distribuidoras. El hecho de adelantarse a la propia red de gasoductos permitirá garantizar rentabilidad en la inversión y captar mercado para la futura expansión. A nivel local, también aportará beneficios al poder acceder al gas natural a precios más competitivos, mientras se aprovecha la energía del proceso de regasificación. Los ahorros energéticos podrán traducirse en mayores ganancias para el sector industrial, además de oportunidades laborales y de negocio de forma indirecta.

Mientras se ponía de manifiesto como una debilidad las elevadas inversiones a nivel de infraestructuras, el crecimiento del comercio de GNL podría contribuir a ganar escala y permitir un descenso de los costos y por ende una disminución de los precios. También propiciaría la apertura del mercado y una mayor competitividad con la entrada de medianas empresas que necesitarían ofrecer un servicio distinto al ofertado hasta el momento para hacerse un lugar en el mercado. Por lo tanto, sería necesario ofrecer un mejor servicio en base a los procesos innovadores para captar clientes. Dicha reforma sería rentable, dado que el GNL es un producto de bajo coste que se encarece por los márgenes de contratar un servicio de la cadena logística global en vez de segmentada.

En este sentido, al dividir la cadena logística en distintas etapas se reduciría el riesgo asociado a los contratos. La participación en la cadena de valor del GNL sería mayor, al tener mucha más capacidad de negociación sobre ésta y un mayor control de la demanda sin estar tan sujeta a los planes de comercialización a largo plazo.

La matriz DAFO presentada en la Figura 29 recoge las distintas ideas destacadas en el análisis.

	Negativo	Positivo
Interno	<p><b>DEBILIDADES</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Necesidad de importación del sistema gasista español</li> <li>• Bajo poder de negociación con las fuentes en el transporte por gaseoductos</li> <li>• Elevada necesidad de recursos de los gaseoductos (inversión, tiempo, trámites burocráticos) además de requerir de un volumen elevado para ser rentable</li> <li>• Innovación y competencia limitadas por la baja participación de medianas empresas</li> <li>• Elevado riesgo de los contratos de abastecimiento de GNL</li> <li>• Terminales GNL sujetas a restricciones en la implantación</li> <li>• Elevadas inversiones iniciales en infraestructuras y equipamiento marítimo</li> <li>• Red nacional de transporte de GN poco flexible.</li> </ul>	<p><b>FORTALEZAS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Buena acogida del GN debido a la sensibilización por el medioambiente</li> <li>• Facilidad en el abastecimiento de GN/GNL debido a las distintas formas de transporte</li> <li>• Diversificación de las fuentes mediante el transporte por buque de GNL</li> <li>• Bajos precios del gas natural debido a las reservas mundiales estimadas y consiguiente aumento de la demanda</li> <li>• Mejoras tecnológicas en los procesos involucrados en la cadena logística</li> <li>• Flexibilidad de las terminales de descarga de GNL ante posibles futuras ampliaciones</li> <li>• Condiciones climatológicas favorables en la zona de estudio</li> <li>• Disminución de las inversiones y de los riesgos en terminales de pequeña escala</li> </ul>
Externo	<p><b>AMENAZAS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dependencia energética debido a la ausencia de capacidad de producción de GN</li> <li>• Creación de monopolios de exportación</li> <li>• Cortes de suministro por parte de los principales proveedores</li> <li>• Trabas legislativas debidas a los riesgos asociados al GN</li> <li>• Demora en los plazos debido a posiciones en contra por parte de ambientalistas</li> <li>• Disminución de la demanda debido a la desconfianza en los usuarios y clientes en seguridad</li> <li>• Incertidumbre debido a factores meteorológicos o a la disponibilidad de buques</li> <li>• Riesgo asociado a la innovación debido a la ausencia de proyectos similares a nivel nacional</li> <li>• Retrasos en los plazos de la construcción de la terminal GNL</li> <li>• Fluctuaciones en el precio de compra del GNL a Enagás</li> </ul>	<p><b>OPORTUNIDADES</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Necesidad de importación de GN/GNL para desarrollar nuevos mercados</li> <li>• Restricciones impuestas a nivel ambiental para disminuir la contaminación (ECAs, etc.)</li> <li>• Directivas para promover en GNL debido a sus ventajas ambientales</li> <li>• Suministro mediante transporte marítimo y terrestre a zonas sin acceso a la red de GN.</li> <li>• Captación de mercado en vista a futuras expansiones de la red de gaseoductos</li> <li>• Aprovechamiento del frío en el proceso de regasificación</li> <li>• Mayor competitividad e innovación con la apertura del mercado</li> <li>• Aumento de la capacidad de negociación con la mayor participación en la cadena de valor del GNL</li> </ul>

Figura 29. Matriz DAFO del sistema



## 9 CONCLUSIONES

El objetivo del presente estudio se ha centrado en la evaluación de la viabilidad de implantar una terminal marítima de recepción, almacenamiento y expedición de GNL de pequeña escala. Si bien en un inicio el estudio estaba motivado por las tendencias identificadas a nivel global en cuanto a la cadena logística del GNL y las necesidades de los consumidores, los aspectos analizados en su desarrollo ponen de relieve la consistencia de dicha solución. La viabilidad técnica y económica no se afirma únicamente desde un punto de vista genérico, también se manifiesta al particularizarlo en un caso concreto como es Catalunya. La justificación de dicha viabilidad se ha puesto de manifiesto con el análisis de los distintos ámbitos tratados en la metodología adoptada.

Por lo que se refiere al análisis del contexto normativo en el cual se enmarca la solución planteada, destaca el esfuerzo legislativo que se está haciendo en el ámbito del GNL para garantizar la seguridad y la normalización de los procesos involucrados. Además, la evolución y actualización legislativa induce de forma indirecta a un mayor conocimiento de las características y ventajas del gas natural en la sociedad y, por consiguiente, a una mayor aceptación y potenciación global. Asimismo, la normativa establecida sienta las bases de las distintas restricciones asociadas a las etapas de la cadena logística. El análisis de las restricciones ha contribuido, por un lado, a determinar con suficiente grado de definición las restricciones asociadas al uso de infraestructuras portuarias existentes y, por otro lado, a justificar la necesidad de una cadena logística complementaria a la existente debido a las limitaciones que ésta presenta.

La identificación de las restricciones de la cadena logística gasista catalana, como por ejemplo la falta de flexibilidad de la red de transporte por gaseoducto o las limitaciones de las entradas de GNL en el territorio, ha permitido definir las características de la cadena logística complementaria. El análisis de la demanda actual y futura también ha colaborado a proponer una solución que dé respuesta a las necesidades detectadas, estimando una demanda de aproximadamente de 1.000 m<sup>3</sup> de GNL semanal en la nueva terminal propuesta. De este modo, se evidencia que es factible implementar la solución propuesta en Catalunya y, dadas las características del territorio, más concretamente en la provincia de Girona.

Asimismo, la definición conceptual de la terminal (capacidad, instalaciones, equipos, buque de diseño, equipamiento marítimo, etc.) ha permitido determinar los posibles emplazamientos para la implantación y el más óptimo. Los puertos de Roses, l'Estartit, Palamós y Sant Feliu de Guíxols cumplían con las principales restricciones establecidas, siendo el Puerto de Palamós el considerado como óptimo tras un análisis multicriterio. La viabilidad técnica de la solución propuesta en el Puerto de Palamós se ha materializado con una propuesta de diseño de implantación en el existente muelle comercial, que contempla tanto el equipamiento marítimo del muelle como las instalaciones, sistemas y equipos necesarios. A grandes rasgos, se ha considerado necesario dimensionar el muelle de atraque para permitir la descarga de GNL mediante buques de entre 1.100 m<sup>3</sup> y 5.000 m<sup>3</sup> de capacidad, y la carga de GNL como combustible para embarcaciones de tamaño medio. En la explanada disponible en el muelle se prevé la construcción de un tanque de almacenamiento, una isla de carga de camiones cisterna, unas oficinas técnicas, así como las distintas instalaciones necesarias y un área para futuras ampliaciones.

La viabilidad económica de la terminal proyectada se ha evaluado mediante un análisis de costes. La cotización de los distintos elementos que conforman la terminal han dado lugar a un CAPEX de 4.771.620 € y las partidas referentes a los costes operacionales a un OPEX anual de 627.666 €. Éstos han permitido completar la estimación cuantitativa de la estructura de costes y llevar a cabo el estudio económico financiero. Los resultados obtenidos para el VAN (1.074.760 €) y la TIR (11,91 %) justifican la viabilidad económica de la terminal proyectada. Finalmente, con el objetivo de justificar el interés global de implantar dicha terminal, se ha realizado un análisis cuantitativo de las externalidades. En él se evalúan, desde un punto de vista socioeconómico, el riesgo de accidentes en el transporte terrestre, las emisiones de gases, las afectaciones en zonas urbanas y la población expuesta a accidentes vinculados al transporte de mercancías peligrosas. Los resultados extraídos demuestran los ahorros a medio y largo plazo derivados de los beneficios ambientales y sociales que comporta la implantación de la terminal de GNL en Palamós.

El estudio realizado y los resultados obtenidos permiten concluir que la viabilidad técnica y económica de la terminal portuaria planteada es consistente. La primera aproximación al análisis de una solución para implantar una terminal marítima de

pequeña escala destinada a la recepción, almacenamiento y expedición de GNL en Catalunya define los criterios generales para el diseño. En este sentido, los resultados aquí presentados se consideran preliminares y sujetos a confirmación en etapas posteriores cuando se complete el estudio para posibles desarrollos. Así, tomada la decisión de implantar la terminal proyectada, además de revisar las hipótesis realizadas para simplificar la complejidad del sistema y definir el diseño con un mayor grado de detalle, se debería completar el estudio con un análisis de detalle de las condiciones climáticas, una optimización de la terminal de descarga en la ubicación seleccionada y un estudio específico de seguridad industrial.

## 10 BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

- [1] Puertos del Estado, ROM 2.0-11, «Recomendaciones para el proyecto y ejecución de Obras de Atraque y Amarre,» 2012.
- [2] PIANC WG 116, «Safety Aspects Affecting the Berthing Operations of Tanker Oil and Gas Terminals,» *World Association for Waterborne Transport Infrastructure*, 2012.
- [3] Ports de la Generalitat, «Informe de Sostenibilidad Ambiental del Pla de Ports de Catalunya 2016-2030,» 2017.
- [4] Sandia National Laboratories of U.S. Department of Energy's National Nuclear Security Admini, SAND2011-9415, «Recommendations on the Prediction of Thermal Hazard Distances from Large Liquefied Natural Gas Pool Fires on Water for Solid Flame,» 2011.
- [5] Sandia National Laboratories of the U.S. Department of Energy's National Nuclear Security Administration, SAND2008-3153, «Breach and Safety Analysis of Spills Over Water from Large Liquefied Natural Gas Carriers,» 2008.
- [6] International Maritime Organization (IMO), «The International Ship and Port Facility (ISPS) Code,» 2002.
- [7] Generalitat de Catalunya, «Pla d'Energia de Catalunya 2012-2020,» 2012.
- [8] Enagás, «Informe anual,» 2016.
- [9] GASNAM, «Desarrollo del gas natural vehicular en España: análisis de beneficios y potencial contribución a la economía nacional,» 2014.
- [10] The European Union of the Natural Gas Industry, «Eurogas Roadmap 2050,» 2011.
- [11] Enagás, «Informe mensual Mercado de cisternas de GNL,» 2014.
- [12] [www.igu.org](http://www.igu.org), consultada en Julio 2017
- [13] [www.ocimf.org](http://www.ocimf.org), consultada en Marzo 2017
- [14] [www.bsigroup.com](http://www.bsigroup.com), consultada en Marzo 2017
- [15] [web.aacei.org](http://web.aacei.org), consultada en Mayo 2017
- [16] European Environment Agency, «EMEP/EEA air pollutant emission inventory: Technical guidance to prepare national emission inventories,» 2013.
- [17] Abertis; Fesvial; Fundación ROSE, «Estudio de la siniestralidad del transporte pesado en España».

- [18] Institut Català d'Energia.
- [19] [www.ngva.eu](http://www.ngva.eu), consultada en Agosto 2017
- [20] [www.dnvgl.com](http://www.dnvgl.com), consultada en Abril 2017
- [21] P. Lloret Bassecourt, «Estado de la tecnología en la cadena de valor del gas natural: Aplicaciones a nuevos productos y servicios,» 2015.
- [22] [www.trelleborg.com](http://www.trelleborg.com), consultada en Junio 2017
- [23] Enagás, «The LNG storage business and associated cost,» 2016.
- [24] K. Engblom, «LNG to Power in remote locations - the optimal way,» Wärtsilä Energy Solutions, 2016.
- [25] A. I. S.L., «Estudio sobre el suministro de GNL a buques mediante camión,» Ministerio de Fomento, 2014.
- [26] Visiongain, «Small Scale Liquefied Natural Gas (LNG) Market 2015-2025: Liquefaction, Regasification, Satellite Station, Bunkering & Fuelling Station Forecasts,» 2015.
- [27] PIANC WG 172, «Design of Small to Mid-scale Marine LNG Terminals Including Bunkering,» *World Association for Waterborne Transport Infrastructure*, 2016.
- [28] G. Federico y X. Vives, «Competencia y Regulación en los Mercados Españoles del Gas y la Electricidad,» IESE Universidad de Navarra, 2008.
- [29] ManagementSolutions, «La gestión logística en la comercialización del gas natural,» 2011.
- [30] CNMC (Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia), «Informe de Supervisión del Mercado de Gas Natural en España,» 2015.
- [31] Sedigas, «El gas en España (Informe anual 2016),» 2016.

## ANEXO I: Fichas de evaluación de los puertos considerados

- Puerto de Blanes:



<b>Condiciones de abrigo</b>	Sería necesario considerar la construcción de un nuevo dique de abrigo ya que en el interior del actual puerto no se dispone de espacio suficiente
<b>Tramitación administrativa</b>	La proximidad con el núcleo urbano supondría una difícil aceptación social, además de problemas para cumplir con las restricciones básicas
<b>Calado natural disponible</b>	Calado bocana: 8-9 m
<b>Servicios náuticos</b>	Servicios asociados al puerto pesquero y al deportivo
<b>Facilidad de maniobras y acceso al puerto</b>	La construcción de un nuevo dique de abrigo en el exterior del actual puerto facilitaría el acceso marítimo
<b>Acceso a red viaria</b>	El acceso a la AP-7 está a 20-30 km e implica el paso por el núcleo urbano
<b>CAPEX</b>	Construcción de un nuevo dique de abrigo
<b>OPEX</b>	Ubicación próxima a la zona de influencia del Puerto de Barcelona y poco centrada en la zona de clientes potenciales

- Puerto de Sant Feliu de Guíxols:



<b>Condiciones de abrigo</b>	Sería necesario considerar la construcción de un nuevo dique de abrigo ya que en el interior del actual puerto no se dispone de espacio suficiente.
<b>Tramitación administrativa</b>	Sant Feliu de Guíxols cuenta con una fuerte tradición en la industria del gas, al albergar en su día los primeros experimentos gasistas a nivel nacional, lo cual podría facilitar su aceptación
<b>Calado natural disponible</b>	Calado bocana: 13 m
<b>Servicios náuticos</b>	Servicios asociados al puerto pesquero y al deportivo
<b>Facilidad de maniobras y acceso al puerto</b>	La construcción de un nuevo dique de abrigo en el exterior del actual puerto facilitaría el acceso marítimo
<b>Acceso a red viaria</b>	Fácil acceso a la C-31, a menos de 5 km, sin implicar el paso por el núcleo urbano
<b>CAPEX</b>	Construcción de un nuevo dique de abrigo
<b>OPEX</b>	Ubicación centrada en la zona de clientes potenciales



- Puerto de Palamós:



<b>Condiciones de abrigo</b>	El actual muelle industrial/comercial dispone de unas buenas condiciones de abrigo, que en caso de no disponer de suficiente espacio debería prolongarse.
<b>Tramitación administrativa</b>	El desarrollo de actividades industriales y comerciales en la actualidad facilitaría la integración de una nueva actividad comercial
<b>Calado natural disponible</b>	Calado bocana: 21 m
<b>Servicios náuticos</b>	Servicios asociados al puerto industrial/comercial, al pesquero y al deportivo
<b>Facilidad de maniobras y acceso al puerto</b>	Accesos adaptados para buques comerciales y cruceros
<b>Acceso a red viaria</b>	Fácil acceso a la C-31, a menos de 5 km, sin implicar necesariamente el paso por el núcleo urbano y a 40 km de la AP-7
<b>CAPEX</b>	Debería estudiarse tanto la opción de ocupar parte del actual muelle comercial, que según el Pla de Ports de Catalunya 2017-2030 está infrautilizado, como la opción de prolongar el dique de abrigo y el muelle para la implantación de la terminal. Sin embargo, se dispone de esplanada suficiente al ser un muelle comercial.
<b>OPEX</b>	Ubicación centrada en la zona de clientes potenciales



- Puerto de l'Estartit:



<b>Condiciones de abrigo</b>	Sería necesario considerar el refuerzo del dique para evitar rebases
<b>Tramitación administrativa</b>	La proximidad con el núcleo urbano y las playas supondría una difícil aceptación social
<b>Calado natural disponible</b>	Calado bocana: 6 m
<b>Servicios náuticos</b>	Servicios asociados al puerto pesquero y al deportivo
<b>Facilidad de maniobras y acceso al puerto</b>	Dique exterior fácilmente accesible desde la bocana
<b>Acceso a red viaria</b>	El acceso a la C-31 está a 10 km e implica el paso por el núcleo urbano. El acceso a la N-II está a 30 km y el de la AP-7 a 35 km.
<b>CAPEX</b>	La zona portuaria existente dispone de espacio suficiente para realizar llevar a cabo la obra civil necesaria para implementar la terminal proyectada, siendo necesario el refuerzo del dique y la construcción del muelle
<b>OPEX</b>	Ubicación centrada en la zona de clientes potenciales

- Puerto de l'Escala:



<b>Condiciones de abrigo</b>	Sería necesario la prolongación de un dique de abrigo ya que en el interior del actual puerto no se dispone de espacio suficiente
<b>Tramitación administrativa</b>	Tanto la proximidad con el núcleo urbano como con los distintos usos portuarios (espacio disponible muy limitado) dificultarían la aceptación social, además de dificultar el cumplimiento de las restricciones básicas
<b>Calado natural disponible</b>	Calado bocana: 4-10 m
<b>Servicios náuticos</b>	Servicios asociados al puerto pesquero y al deportivo
<b>Facilidad de maniobras y acceso al puerto</b>	Dificultad en las maniobras debido al paso de embarcaciones náuticas y pesqueras
<b>Acceso a red viaria</b>	El acceso a la C-31 está a 10 km e implica el paso por el núcleo urbano. El acceso a la N-II está a 25 km al igual que el de la AP-7.
<b>CAPEX</b>	Construcción de un nuevo dique de abrigo
<b>OPEX</b>	Ubicación centrada en la zona de clientes potenciales

- Puerto de Roses:



<b>Condiciones de abrigo</b>	Dique de abrigo existente aprovechable para la construcción del muelle de la terminal proyectada
<b>Tramitación administrativa</b>	El núcleo urbano está suficientemente alejado.
<b>Calado natural disponible</b>	Calado bocana: 6 m
<b>Servicios náuticos</b>	Servicios asociados al puerto pesquero y al deportivo
<b>Facilidad de maniobras y acceso al puerto</b>	Maniobras ligeramente dificultadas debido al paso de embarcaciones náuticas y pesqueras
<b>Acceso a red viaria</b>	Acceso a la N-260 a 15 km, acceso a la AP-7 a 25 km, acceso a la C-31 y a la N-II a 20 km, sin implicar en ningún caso el paso por el centro del núcleo urbano
<b>CAPEX</b>	La infraestructura existente permite una fácil implementación de la terminal proyectada
<b>OPEX</b>	Ubicación ligeramente descentrada respecto la zona de clientes potenciales



- Puerto de Port de la Selva:




<b>Condiciones de abrigo</b>	Sería necesario prolongar el dique de abrigo para implementar la nueva terminal ya que en el interior del actual puerto no se dispone de espacio suficiente
<b>Tramitación administrativa</b>	El núcleo urbano y los distintos usos portuarios situados a proximidad dificultarían la aceptación social además de dificultar el cumplimiento de las restricciones básicas
<b>Calado natural disponible</b>	Calado bocana: 7-9 m
<b>Servicios náuticos</b>	Servicios asociados al puerto pesquero y al deportivo
<b>Facilidad de maniobras y acceso al puerto</b>	Maniobras ligeramente dificultadas debido al paso de embarcaciones náuticas y pesqueras
<b>Acceso a red viaria</b>	Difícil acceso a la N-260 a 10 km por la sinuosa G-612 e implicando el paso por distintos núcleos urbanos
<b>CAPEX</b>	Construcción de un nuevo dique de abrigo
<b>OPEX</b>	Ubicación descentrada de la zona de clientes potenciales

- Puerto de Llançà:



<b>Condiciones de abrigo</b>	Sería necesario considerar la construcción de un nuevo dique de abrigo ya que en el interior del actual puerto no se dispone de espacio suficiente
<b>Tramitación administrativa</b>	El núcleo urbano y los distintos usos portuarios situados a proximidad dificultarían la aceptación social, además de dificultar el cumplimiento de las restricciones básicas
<b>Calado natural disponible</b>	Calado bocana: 11 m
<b>Servicios náuticos</b>	Servicios asociados al puerto pesquero y al deportivo
<b>Facilidad de maniobras y acceso al puerto</b>	La construcción de un nuevo dique de abrigo en el exterior del actual puerto facilitaría el acceso marítimo
<b>Acceso a red viaria</b>	Acceso a la N-260 a 2 km y a la AP-7 y a la N-II a 25 km, implicando en todos casos el paso por el núcleo urbano
<b>CAPEX</b>	Construcción de un nuevo dique de abrigo
<b>OPEX</b>	Ubicación descentrada de la zona de clientes potenciales

## ANEXO II: Fichas ambientales del Puerto de Palamós

DADES BÀSIQUES		INDICADORS AMBIENTALS (2015)			SITUACIÓ	
MUNICIPI	PALAMÓS	INDICADOR	VALOR	UNITATS		
Usos	Esportiu, pesquer i comercial	14: Restitució de la dinàmica litoral per pal·liar els efectes dels ports sobre el transport de sorra a les platges: Relació entre Volum de sorra interceptada pel port i sorra dragada als ports i transvasada a zones amb problemes d'erosió costanera.	0	(m3)		
Superfície total:	434.459m2	15: Sistemes de Gestió Ambiental (SGA): Implantat Certificat segons la norma ISO 14001 i EMAS Bandera Blava (no és un SGA sinó un distintiu que s'atorga anualment)	SI SI SI (Club nàutic Costa Brava)	(SI/NO)		
Aigua:	247.868m2	16: Gestió de residus (dades de les activitats de l'organisme tutelar): Volum d'aigües de sentina tractades/nombre d'embarcacions. Volum d'aigües residuals procedents de les embarcacions recollides/nombre d'embarcacions. Volum d'olis residuals recollits/nombre d'embarcacions	0 S.D. 8.415	Kg Kg kg		
Terra:	186.591m2	17: Mesures energètiques (dades de les activitats de l'organisme tutelar): Instal·lació fotovoltaica Teniu instal·lació tèrmica solar (aigua calenta solar)	SI NO	(SI/NO)		
CARACTERITZACIÓ AMBIENTAL						
ELEMENT AMBIENTAL		DESCRIPCIÓ/ELEMENTS			RELLEVÀNCIA	
Plans i programes relacionats	PDUSC	U (sòl urbà)			No	
Ocupació i consum de sòl	Usos del sòl	Confronta amb zones urbanes			No	
Hàbitats i espècies protegides	Herbassars marins	Segons la Cartografia de delimitació dels herbassars o praderies de fanerògames marines (DG Pesca i Afers Marítims, 2016) es localitzen herbassars de posidònia a menys de 100 m de distància.			Sí	
Espais naturals protegits	Sistema d'espais oberts del planejament territorial	Confronta amb sòl de protecció especial			Sí	
Riscos tecnològics	Risc contaminació marina	El risc de contaminació marina és rellevant per la presència del propi port, com a potencial focus de perill. A continuació es mostren els resultats de l'anàlisi del risc dels diferents instruments de planificació del risc de contaminació marina:			Sí	
		CAMCAT	Vulnerabilitat total			Alta
			Vulnerabilitat socioeconòmica (estiu / hivern) (valors de 1 a 5)			3/1
			Vulnerabilitat ambiental (valors de 1 a 5)			5
			Perill			Mitjà
			Vulnerabilitat ecològica (valors de 0 a 1)			0,3568
Cicle de l'aigua	Problemes d'abastament i	Pla ribera	Vulnerabilitat socioeconòmica (valors de 0 a 1)		0,7	
		Aigües subterrànies	El port es troba dins l'àmbit de l'aquífer protegit de les rieres d'Aub i Calonge			Sí
		Aigües costaneres	L'àmbit es situa a la massa d'aigua costanera Begur-Blanes, de tipologia natural i amb un estat general bo.			Sí
		El port està connectat a les xarxes d'abastament i sanejament corresponents. Les activitats del port són consumidores d'aigua i generadores d'aigües residuals i de potencial contaminació de les aigües marines. Analitzats a nivell general els indicadors de seguiment dels consums d'aigua als ports, es desprèn que el consum tendeix a augmentar en els darrers anys. Les fuites			Sí	



	sanejament	d'aigua són un problema recurrent.	
Residus	Problemàtica derivada dels sistemes de gestió de residus existents	Les activitats portuàries i les embarcacions generen diferents tipologies de residus, entre els quals destaquen pel seu volum i potencial contaminant els olis residuals i les aigües de sentina. Cada port compta amb els corresponents procediments per a la recollida i gestió de les diferents tipologies de residus que es generen.	Sí
	Eficiència energètica i presència energies renovables	Analitzats a nivell general els indicadors de seguiment, la implantació d'energies renovables és encara molt minoritària, exceptuant les balises fotovoltaïques.	Sí
Energia i canvi climàtic	Escenaris derivats dels efectes del canvi climàtic	Els efectes derivats del canvi climàtic es preveu que tinguin una incidència significativa en els ports, la valoració dels quals depèn d'una gran varietat de criteris que es mostren a l'apartat 5.1.3 de la diagnosi territorial. Entre aquests es troben els impactes directes potencials de la pujada relativa del nivell del mar sobre l'ultrapassament dels dics de recer. Segons els estudis recollits al Tercer informe sobre el canvi climàtic a Catalunya (TICCC), el Port de Palamós no és especialment vulnerable als efectes potencials de la pujada relativa del nivell del mar sobre l'ultrapassament dels dics de recer.	Sí

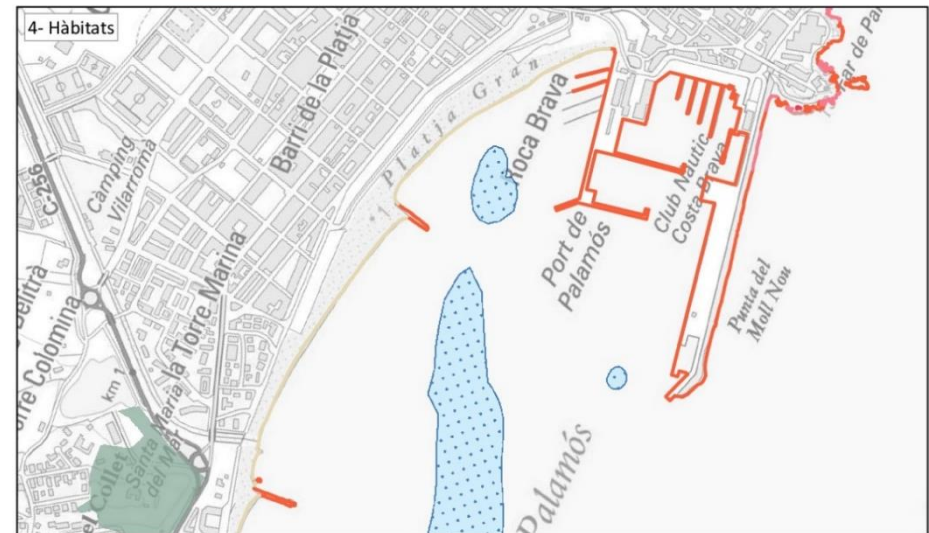
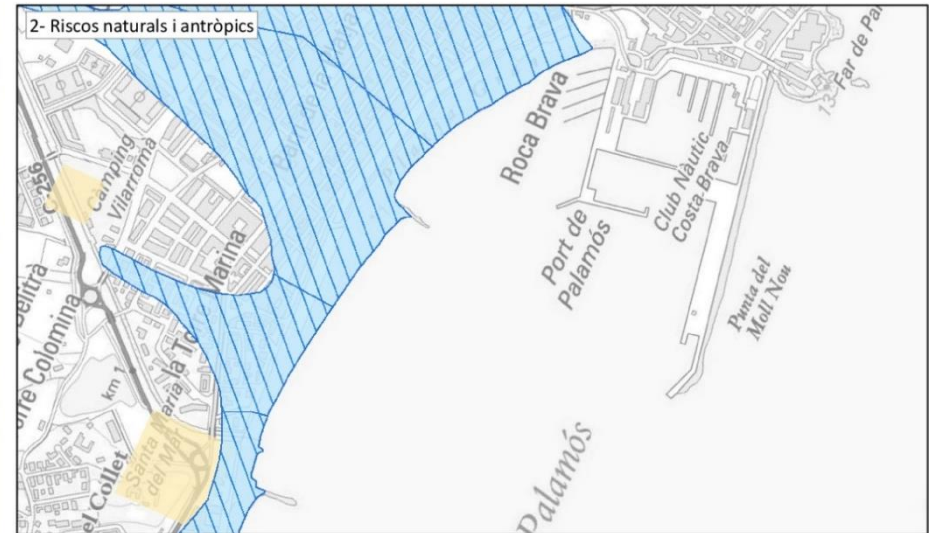
Port situat en un àmbit urbà, sense elements ambientals d'interès. Únicament destacar la presència d'herbassars de posidònia a menys de 100 m de distància a l'interior de la badia de Palamós, segons la Cartografia de delimitació dels herbassars o praderies de fanerògames marines (DG Pesca i Afers Marítims, 2016). Cal destacar que es tracta d'una cartografia orientativa i no normativa i que caldrà verificar la vigència i veracitat de la delimitació en el moment de projectar qualsevol actuació. Per altra banda, el port es troba dins l'àmbit de l'aquífer protegit de les rieres d'Aubi i Calonge. Pel que fa als riscos, destaca el risc de contaminació marina, donada l'elevada vulnerabilitat de la zona.

#### DIAGNOSI AMBIENTAL

INTERÈS AMBIENTAL	Alt	Mig	Baix	
GRAU DE PROTECCIÓ	Alt	Mig	Baix	

#### DOCUMENTACIÓ GRÀFICA

Plànola continuació



<p><b>2- Riscos naturals i antròpics</b></p> <p><b>Inundabilitat</b></p> <p>■ Zones potencialment inundables</p> <p><b>Perill bàsic d'incendi forestal</b></p> <p>■ Alt</p>	<p><b>3- Espais d'interès ambiental</b></p> <p><b>PDUSC</b></p> <p>■ CE</p>	<p><b>4- Hàbitats</b></p> <p><b>Hàbitats terrestres d'interès comunitari</b></p> <p>■ 9540. Pinedes mediterrànies</p> <p><b>Herbassars marins</b></p> <p>■ Posidonia oceanica</p> <p><b>Hàbitats litorals</b></p> <p>■ 16.111 Platges arenoses supralitorals sense vegetació</p> <p>■ 18.111+ Penya-segats i roques del límit inferior de l'estatge mediterrani amb Corallina elongata</p> <p>■ 18.131+ Penya-segats de l'estatge mediterrani superior amb Chthamalus stellatus i Chthamalus montagui</p> <p>■ 18.15 Basses excavades a les roques mediterrànies, permanentment salines</p> <p>■ 18.16 Penya-segats i roques de la franja supralitoral, ocupats sobretot per líquens (Verrucaria)</p>
---	---	---

**FONTS:**

2- Riscos naturals i antròpics:

- Transport de mercaderies perilloses per carretera i per ferrocarril: Nivell de perill per tram de via de carreteres o ferroviari. E.1.50M - Mapa de protecció civil de Catalunya - DTES.
- Risc en establiments industrials - Zones d'intervenció i d'alerta màximes. E.1.5M - Mapa de protecció civil de Catalunya - DTES.
- Risc d'incendi: Mapa de risc bàsic d'incendi forestal cel·les de 45x45m. (2002) - DTES.

3- Espais d'interès ambiental:

- Espais d'interès geològic: Inventari d'espais d'interès geològic. E.1.50M. (2006) - DTES.
- ZH, ENPE, XN2000 i PDE capes a E.1.50M. (2015 excepte ZH, 2011) - DTES.
- PDUSC: Documentació del PDUSC. (2011) - DTES.

4- Hàbitats:

- Hàbitats terrestres: Cartografia dels hàbitats a Catalunya. E.1.50M, versió2. (2008-12) - DTES.
- Hàbitats litorals: Cartografia dels hàbitats litorals de Catalunya. E.1.2500. (2014) - DTES.
- Herbassars marins: Herbassars o praderies de fanerògames marines (2016). Origen: Fusió dels estudis disponibles sobre herbassars marins i revisió de la fusió per experts. DG Pesca (cartografia orientativa).

BASE: Ortofoto 1:5M (50cm/pix) / Mapa topogràfic 1:10.000 de l'ICGC

E 1:10.000 a DIN A3

0 50 100 200 m

Projecció Universal Transversal de Mercator (UTM), fus 31N, sobre l'el·lipsoide Internacional. ETRS89, basat en l'el·lipsoide GRS80.

Data: Març de 2017

**AVALUACIÓ AMBIENTAL DEL PLA DE PORTS DE CATALUNYA 2016 - 2030**

**Cartografia de diagnosi ambiental**

**Port de Palamós Full 36 de 48**

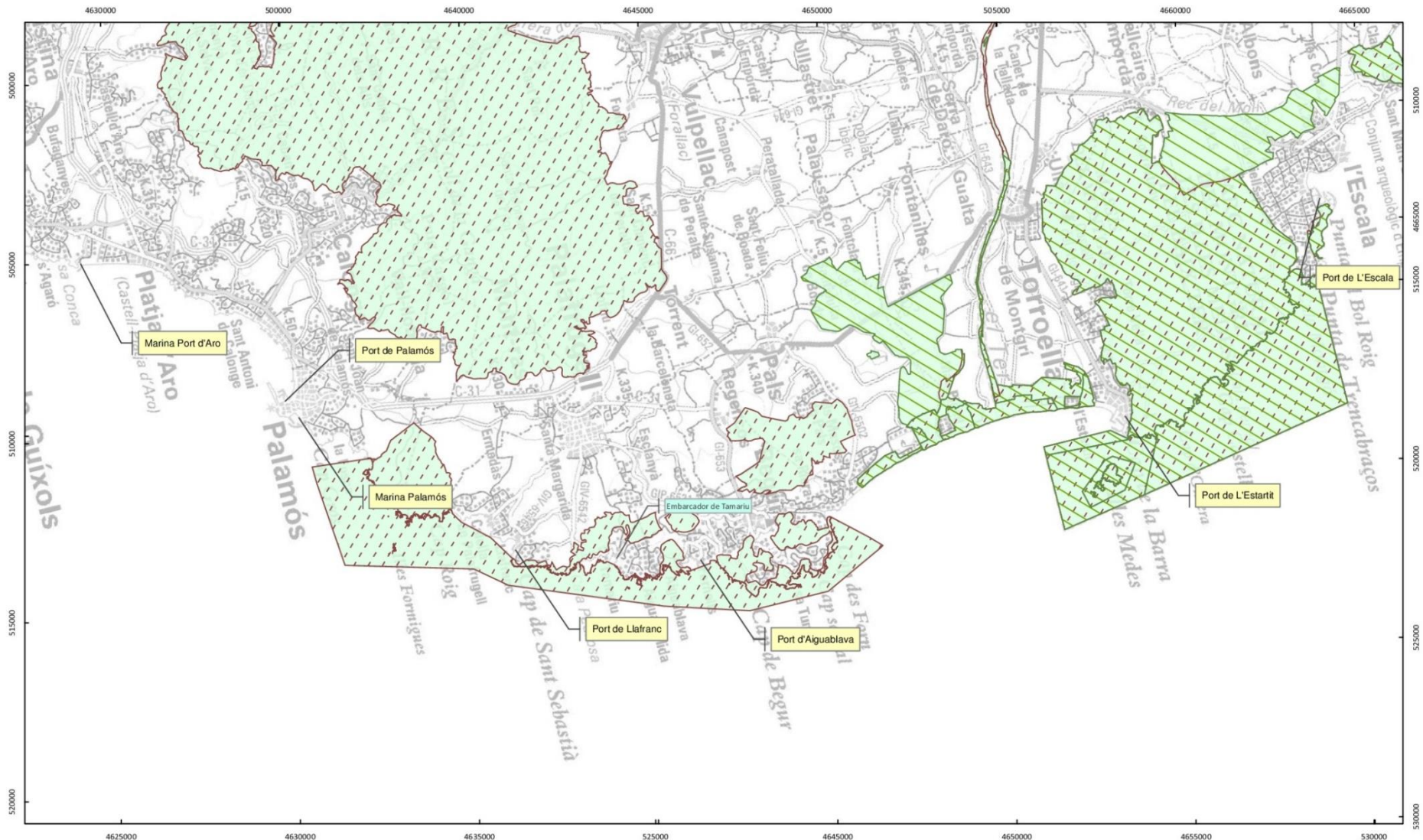
**Realització:**

Generalitat de Catalunya  
Departament de Territori i Sostenibilitat

Ports de la Generalitat

lavola  
constantin@lavola.cat





- Espais naturals de protecció especial
- Xarxa natura 2000
- Espais naturals dins el Pla d'Espais d'Interès Natural
- Ports
- Instal·lacions marítimes

FONTS:  
- ENPE, XN2000 i PEIN: capes a E:1:50M, (2015) - DTES.

BASE:  
Mapa topogràfic 1:100.000 de l'ICGC



E 1:100.000 a DIN A3

0 750 1.500 3.000 m

Projecció Universal Transversa de Mercator (UTM), fus 31N, sobre l'el·lipsoide internacional, ETRS89, basat en l'el·lipsoide GRS80.  
Data: Març de 2017

**AVALUACIÓ AMBIENTAL DEL PLA DE PORTS DE CATALUNYA 2016 - 2030**

## 2. Espais naturals protegits

Full 9 de 10

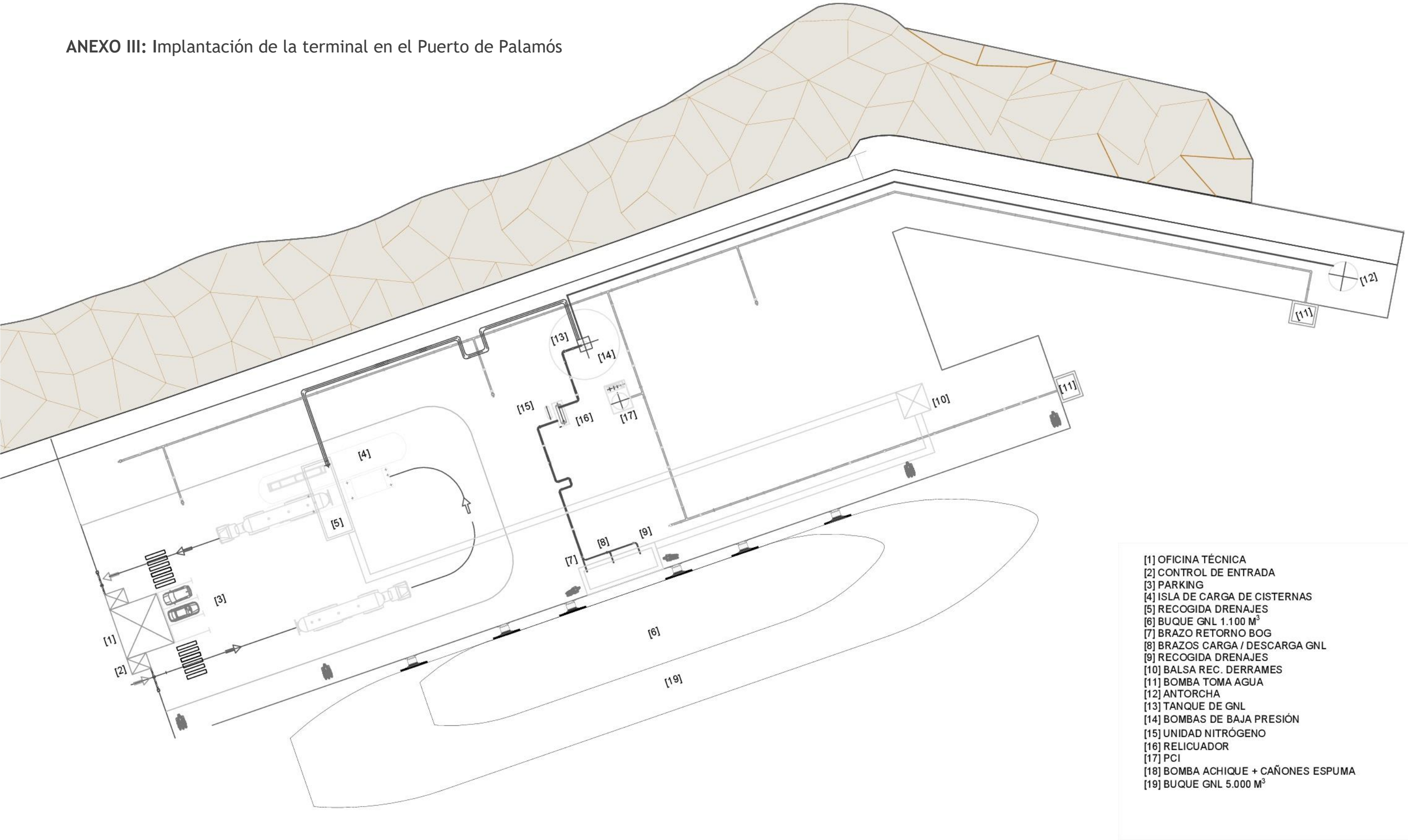
Realització:

Generalitat de Catalunya  
Departament de Territori i Sostenibilitat

Ports de Catalunya

lavola  
consultoria ambiental

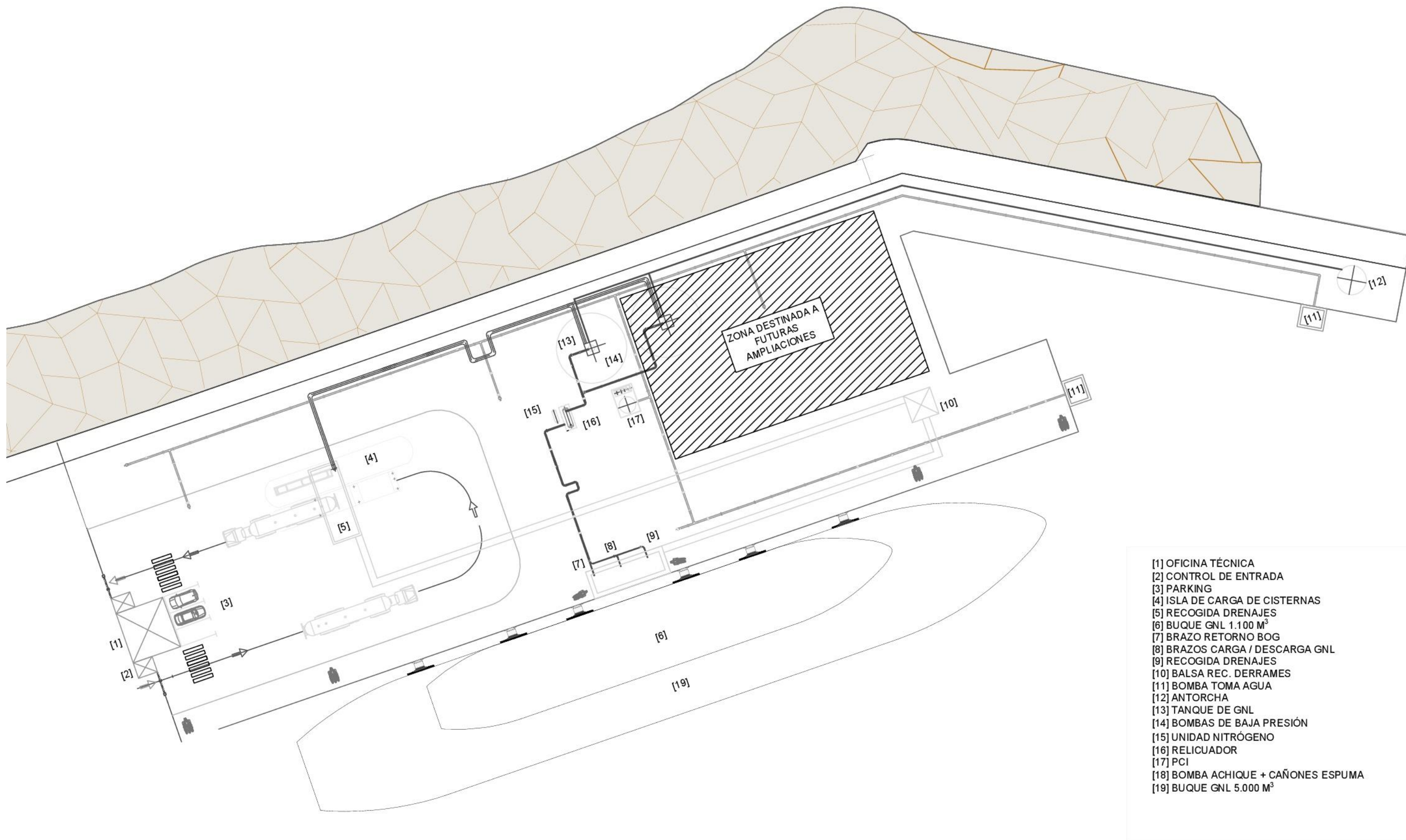
ANEXO III: Implantación de la terminal en el Puerto de Palamós



- [1] OFICINA TÉCNICA
- [2] CONTROL DE ENTRADA
- [3] PARKING
- [4] ISLA DE CARGA DE CISTERNAS
- [5] RECOGIDA DRENAJES
- [6] BUQUE GNL 1.100 M³
- [7] BRAZO RETORNO BOG
- [8] BRAZOS CARGA / DESCARGA GNL
- [9] RECOGIDA DRENAJES
- [10] Balsa REC. DERRAMES
- [11] BOMBA TOMA AGUA
- [12] ANTORCHA
- [13] TANQUE DE GNL
- [14] BOMBAS DE BAJA PRESIÓN
- [15] UNIDAD NITRÓGENO
- [16] RELICUADOR
- [17] PCI
- [18] BOMBA ACHIQUE + CAÑONES ESPUMA
- [19] BUQUE GNL 5.000 M³









ANEXO IV: Viabilidad económica de la terminal

- Ingresos y gastos:

INGRESOS	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032
Ingresos GNL.Palamós	0	18.680.400	19.240.812	19.818.036	20.412.577	21.024.955	21.655.703	22.305.375	22.974.536	23.663.772	24.373.685	25.104.896	25.858.042	26.633.784
Ingresos cisternas		18.680.400	19.240.812	19.818.036	20.412.577	21.024.955	21.655.703	22.305.375	22.974.536	23.663.772	24.373.685	25.104.896	25.858.042	26.633.784
TOTAL INGRESOS	0	18.680.400	19.240.812	19.818.036	20.412.577	21.024.955	21.655.703	22.305.375	22.974.536	23.663.772	24.373.685	25.104.896	25.858.042	26.633.784
GASTOS EXPLOTACIÓN	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032
Gastos de operación GNL.Palamós	0	627.666	649.196	671.480	694.545	718.418	743.129	768.708	795.186	822.594	850.967	880.339	910.746	942.225
Personal (Sueldos & Seguridad Social)	0	270.000	280.800	292.032	303.713	315.862	328.496	341.636	355.302	369.514	384.294	399.666	415.653	432.279
Limpieza	0	7.000	7.210	7.426	7.649	7.879	8.115	8.358	8.609	8.867	9.133	9.407	9.690	9.980
Seguridad	0	25.000	25.750	26.523	27.318	28.138	28.982	29.851	30.747	31.669	32.619	33.598	34.606	35.644
Mantenimiento anual	0	195.394	201.255	207.293	213.512	219.917	226.515	233.310	240.309	247.519	254.944	262.593	270.470	278.585
Seguros	0	73.273	75.471	77.735	80.067	82.469	84.943	87.491	90.116	92.820	95.604	98.472	101.426	104.469
Consumibles (elec., agua, NO2, telf.)	0	57.000	58.710	60.471	62.285	64.154	66.079	68.061	70.103	72.206	74.372	76.603	78.901	81.268
CANONS	173.750	453.956	462.362	471.021	479.939	489.124	498.586	508.331	518.368	528.707	539.355	550.323	561.621	573.257
Canon de ocupación	173.750	173.750	173.750	173.750	173.750	173.750	173.750	173.750	173.750	173.750	173.750	173.750	173.750	173.750
Canon de actividad	0	280.206	288.612	297.271	306.189	315.374	324.836	334.581	344.618	354.957	365.605	376.573	387.871	399.507
OTROS GASTOS	0	17.003.225	17.507.596	18.027.098	18.562.185	19.113.324	19.680.998	20.265.702	20.867.947	21.488.259	22.127.181	22.785.271	23.463.103	24.161.270
Dotación de fondos de amortización		190.865	190.865	190.865	190.865	190.865	190.865	190.865	190.865	190.865	190.865	190.865	190.865	190.865
Abastecimiento GNL	0	16.812.360	17.316.731	17.836.233	18.371.320	18.922.459	19.490.133	20.074.837	20.677.082	21.297.395	21.936.316	22.594.406	23.272.238	23.970.405
TOTAL GASTOS	173.750	18.084.847	18.619.154	19.169.598	19.736.668	20.320.867	20.922.713	21.542.741	22.181.501	22.839.561	23.517.504	24.215.934	24.935.470	25.676.752

INGRESOS	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043
Ingresos GNL.Palamós	27.432.797	28.255.781	29.103.455	29.976.558	30.875.855	31.802.131	32.756.194	33.738.880	34.751.047	35.793.578	36.867.385
Ingresos cisternas	27.432.797	28.255.781	29.103.455	29.976.558	30.875.855	31.802.131	32.756.194	33.738.880	34.751.047	35.793.578	36.867.385
<b>TOTAL INGRESOS</b>	<b>27.432.797</b>	<b>28.255.781</b>	<b>29.103.455</b>	<b>29.976.558</b>	<b>30.875.855</b>	<b>31.802.131</b>	<b>32.756.194</b>	<b>33.738.880</b>	<b>34.751.047</b>	<b>35.793.578</b>	<b>36.867.385</b>

GASTOS EXPLOTACIÓN	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043
Gastos de operación GNL.Palamós	974.815	1.008.555	1.043.487	1.079.654	1.117.101	1.155.873	1.196.019	1.237.588	1.280.632	1.325.203	1.371.358
Personal (Sueldos & Seguridad Social)	449.570	467.553	486.255	505.705	525.933	546.970	568.849	591.603	615.267	639.878	665.473
Limpieza	10.280	10.588	10.906	11.233	11.570	11.917	12.275	12.643	13.022	13.413	13.815
Seguridad	36.713	37.815	38.949	40.118	41.321	42.561	43.838	45.153	46.507	47.903	49.340
Mantenimiento anual	286.942	295.550	304.417	313.549	322.956	332.645	342.624	352.903	363.490	374.394	385.626
Seguros	107.603	110.831	114.156	117.581	121.108	124.742	128.484	132.338	136.309	140.398	144.610
Consumibles (elec., agua, NO2, telf.)	83.706	86.218	88.804	91.468	94.212	97.039	99.950	102.948	106.037	109.218	112.494

<b>CANONS</b>	<b>585.242</b>	<b>597.587</b>	<b>610.302</b>	<b>623.398</b>	<b>636.888</b>	<b>650.782</b>	<b>665.093</b>	<b>679.833</b>	<b>695.016</b>	<b>710.654</b>	<b>726.761</b>
Canon de ocupación	173.750	173.750	173.750	173.750	173.750	173.750	173.750	173.750	173.750	173.750	173.750
Canon de actividad	411.492	423.837	436.552	449.648	463.138	477.032	491.343	506.083	521.266	536.904	553.011

<b>OTROS GASTOS</b>	<b>24.880.382</b>	<b>25.621.068</b>	<b>26.383.974</b>	<b>27.169.767</b>	<b>27.979.134</b>	<b>28.812.782</b>	<b>29.671.440</b>	<b>30.555.857</b>	<b>31.466.807</b>	<b>32.405.085</b>	<b>33.371.512</b>
Dotación de fondos de amortización	190.865	190.865	190.865	190.865	190.865	190.865	190.865	190.865	190.865	190.865	190.865
Abastecimiento GNL	24.689.517	25.430.203	26.193.109	26.978.902	27.788.269	28.621.918	29.480.575	30.364.992	31.275.942	32.214.220	33.180.647
<b>TOTAL GASTOS</b>	<b>26.440.439</b>	<b>27.227.209</b>	<b>28.037.763</b>	<b>28.872.820</b>	<b>29.733.123</b>	<b>30.619.437</b>	<b>31.532.552</b>	<b>32.473.278</b>	<b>33.442.454</b>	<b>34.440.942</b>	<b>35.469.631</b>



- Cuenta de Pérdidas y Ganancias:

	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032
<b>Ingresos</b>	<b>0</b>	<b>18.680.400</b>	<b>19.240.812</b>	<b>19.818.036</b>	<b>20.412.577</b>	<b>21.024.955</b>	<b>21.655.703</b>	<b>22.305.375</b>	<b>22.974.536</b>	<b>23.663.772</b>	<b>24.373.685</b>	<b>25.104.896</b>	<b>25.858.042</b>	<b>26.633.784</b>
Ingresos	0	18.680.400	19.240.812	19.818.036	20.412.577	21.024.955	21.655.703	22.305.375	22.974.536	23.663.772	24.373.685	25.104.896	25.858.042	26.633.784
<b>TOTAL INGRESOS</b>	<b>0</b>	<b>18.680.400</b>	<b>19.240.812</b>	<b>19.818.036</b>	<b>20.412.577</b>	<b>21.024.955</b>	<b>21.655.703</b>	<b>22.305.375</b>	<b>22.974.536</b>	<b>23.663.772</b>	<b>24.373.685</b>	<b>25.104.896</b>	<b>25.858.042</b>	<b>26.633.784</b>
<b>Gastos explotación</b>	<b>0</b>	<b>627.666</b>	<b>649.196</b>	<b>671.480</b>	<b>694.545</b>	<b>718.418</b>	<b>743.129</b>	<b>768.708</b>	<b>795.186</b>	<b>822.594</b>	<b>850.967</b>	<b>880.339</b>	<b>910.746</b>	<b>942.225</b>
Gastos explotación	0	627.666	649.196	671.480	694.545	718.418	743.129	768.708	795.186	822.594	850.967	880.339	910.746	942.225
<b>Otros gastos</b>	<b>173.750</b>	<b>17.457.181</b>	<b>17.969.958</b>	<b>18.498.118</b>	<b>19.042.123</b>	<b>19.602.448</b>	<b>20.179.583</b>	<b>20.774.032</b>	<b>21.386.315</b>	<b>22.016.966</b>	<b>22.666.537</b>	<b>23.335.594</b>	<b>24.024.724</b>	<b>24.734.527</b>
Dotación fondos de amortización	0	190.865	190.865	190.865	190.865	190.865	190.865	190.865	190.865	190.865	190.865	190.865	190.865	190.865
Abastecimiento GNL	0	16.812.360	17.316.731	17.836.233	18.371.320	18.922.459	19.490.133	20.074.837	20.677.082	21.297.395	21.936.316	22.594.406	23.272.238	23.970.405
Canon de ocupación	173.750	173.750	173.750	173.750	173.750	173.750	173.750	173.750	173.750	173.750	173.750	173.750	173.750	173.750
Canon de actividad	0	280.206	288.612	297.271	306.189	315.374	324.836	334.581	344.618	354.957	365.605	376.573	387.871	399.507
<b>TOTAL GASTOS</b>	<b>173.750</b>	<b>18.084.847</b>	<b>18.619.154</b>	<b>19.169.598</b>	<b>19.736.668</b>	<b>20.320.867</b>	<b>20.922.713</b>	<b>21.542.741</b>	<b>22.181.501</b>	<b>22.839.561</b>	<b>23.517.504</b>	<b>24.215.934</b>	<b>24.935.470</b>	<b>25.676.752</b>
<b>Resultado neto de explotación</b>	<b>-173.750</b>	<b>595.553</b>	<b>621.658</b>	<b>648.438</b>	<b>675.909</b>	<b>704.088</b>	<b>732.991</b>	<b>762.634</b>	<b>793.035</b>	<b>824.211</b>	<b>856.181</b>	<b>888.962</b>	<b>922.573</b>	<b>957.032</b>
Gstos financieros	324.186	318.278	312.014	305.375	298.337	290.878	282.970	274.588	265.704	256.286	246.303	235.721	224.504	212.615
<b>Resultado previo impuestos</b>	<b>-497.936</b>	<b>277.275</b>	<b>309.644</b>	<b>343.063</b>	<b>377.572</b>	<b>413.210</b>	<b>450.020</b>	<b>488.045</b>	<b>527.331</b>	<b>567.925</b>	<b>609.878</b>	<b>653.241</b>	<b>698.068</b>	<b>744.417</b>
Impuestos	0	97.046	108.375	120.072	132.150	144.624	157.507	170.816	184.566	198.774	213.457	228.634	244.324	260.546
<b>Resultados post impuestos</b>	<b>-497.936</b>	<b>180.229</b>	<b>201.269</b>	<b>222.991</b>	<b>245.422</b>	<b>268.587</b>	<b>292.513</b>	<b>317.229</b>	<b>342.765</b>	<b>369.152</b>	<b>396.421</b>	<b>424.607</b>	<b>453.744</b>	<b>483.871</b>
<b>Resultados post Impuestos acumulados</b>	<b>-497.936</b>	<b>-317.707</b>	<b>-116.439</b>	<b>106.552</b>	<b>351.974</b>	<b>620.561</b>	<b>913.074</b>	<b>1.230.304</b>	<b>1.573.069</b>	<b>1.942.221</b>	<b>2.338.641</b>	<b>2.763.248</b>	<b>3.216.992</b>	<b>3.700.863</b>

	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043
<b>Ingresos</b>	<b>27.432.797</b>	<b>28.255.781</b>	<b>29.103.455</b>	<b>29.976.558</b>	<b>30.875.855</b>	<b>31.802.131</b>	<b>32.756.194</b>	<b>33.738.880</b>	<b>34.751.047</b>	<b>35.793.578</b>	<b>36.867.385</b>
Ingresos	27.432.797	28.255.781	29.103.455	29.976.558	30.875.855	31.802.131	32.756.194	33.738.880	34.751.047	35.793.578	36.867.385
<b>TOTAL INGRESOS</b>	<b>27.432.797</b>	<b>28.255.781</b>	<b>29.103.455</b>	<b>29.976.558</b>	<b>30.875.855</b>	<b>31.802.131</b>	<b>32.756.194</b>	<b>33.738.880</b>	<b>34.751.047</b>	<b>35.793.578</b>	<b>36.867.385</b>
	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043
<b>Gastos explotación</b>	<b>974.815</b>	<b>1.008.555</b>	<b>1.043.487</b>	<b>1.079.654</b>	<b>1.117.101</b>	<b>1.155.873</b>	<b>1.196.019</b>	<b>1.237.588</b>	<b>1.280.632</b>	<b>1.325.203</b>	<b>1.371.358</b>
Gastos explotación	974.815	1.008.555	1.043.487	1.079.654	1.117.101	1.155.873	1.196.019	1.237.588	1.280.632	1.325.203	1.371.358
<b>Otros gastos</b>	<b>25.465.624</b>	<b>26.218.655</b>	<b>26.994.276</b>	<b>27.793.166</b>	<b>28.616.022</b>	<b>29.463.564</b>	<b>30.336.533</b>	<b>31.235.690</b>	<b>32.161.823</b>	<b>33.115.739</b>	<b>34.098.272</b>
Dotación fondos de amortización	190.865	190.865	190.865	190.865	190.865	190.865	190.865	190.865	190.865	190.865	190.865
Abastecimiento GNL	24.689.517	25.430.203	26.193.109	26.978.902	27.788.269	28.621.918	29.480.575	30.364.992	31.275.942	32.214.220	33.180.647
Canon de ocupación	173.750	173.750	173.750	173.750	173.750	173.750	173.750	173.750	173.750	173.750	173.750
Canon de actividad	411.492	423.837	436.552	449.648	463.138	477.032	491.343	506.083	521.266	536.904	553.011
<b>TOTAL GASTOS</b>	<b>26.440.439</b>	<b>27.227.209</b>	<b>28.037.763</b>	<b>28.872.820</b>	<b>29.733.123</b>	<b>30.619.437</b>	<b>31.532.552</b>	<b>32.473.278</b>	<b>33.442.454</b>	<b>34.440.942</b>	<b>35.469.631</b>
<b>Resultado neto de explotación</b>	<b>992.358</b>	<b>1.028.572</b>	<b>1.065.692</b>	<b>1.103.738</b>	<b>1.142.732</b>	<b>1.182.693</b>	<b>1.223.643</b>	<b>1.265.602</b>	<b>1.308.592</b>	<b>1.352.636</b>	<b>1.397.755</b>
Gstos financieros	200.011	186.652	172.491	157.481	141.569	124.704	106.826	87.875	67.788	46.495	23.925
<b>Resultado previo impuestos</b>	<b>792.347</b>	<b>841.920</b>	<b>893.201</b>	<b>946.258</b>	<b>1.001.163</b>	<b>1.057.990</b>	<b>1.116.817</b>	<b>1.177.727</b>	<b>1.240.805</b>	<b>1.306.141</b>	<b>1.373.830</b>
Impuestos	277.321	294.672	312.620	331.190	350.407	370.296	390.886	412.204	434.282	457.149	480.841
<b>Resultados post impuestos</b>	<b>515.025</b>	<b>547.248</b>	<b>580.580</b>	<b>615.068</b>	<b>650.756</b>	<b>687.693</b>	<b>725.931</b>	<b>765.522</b>	<b>806.523</b>	<b>848.992</b>	<b>892.990</b>
<b>Resultados post Impuestos acumulados</b>	<b>4.215.889</b>	<b>4.763.136</b>	<b>5.343.717</b>	<b>5.958.784</b>	<b>6.609.540</b>	<b>7.297.233</b>	<b>8.023.164</b>	<b>8.788.687</b>	<b>9.595.210</b>	<b>10.444.201</b>	<b>11.337.191</b>



- Flujo de caja:

	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032
<b>Entradas</b>	<b>0</b>	<b>18.680.400</b>	<b>19.240.812</b>	<b>19.818.036</b>	<b>20.412.577</b>	<b>21.024.955</b>	<b>21.655.703</b>	<b>22.305.375</b>	<b>22.974.536</b>	<b>23.663.772</b>	<b>24.373.685</b>	<b>25.104.896</b>	<b>25.858.042</b>	<b>26.633.784</b>
GNL.Palamós	0	18.680.400	19.240.812	19.818.036	20.412.577	21.024.955	21.655.703	22.305.375	22.974.536	23.663.772	24.373.685	25.104.896	25.858.042	26.633.784
<b>Total</b>	<b>0</b>	<b>18.680.400</b>	<b>19.240.812</b>	<b>19.818.036</b>	<b>20.412.577</b>	<b>21.024.955</b>	<b>21.655.703</b>	<b>22.305.375</b>	<b>22.974.536</b>	<b>23.663.772</b>	<b>24.373.685</b>	<b>25.104.896</b>	<b>25.858.042</b>	<b>26.633.784</b>

	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032
<b>Salidas</b>	<b>4.945.370</b>	<b>18.181.510</b>	<b>18.812.585</b>	<b>19.393.316</b>	<b>19.969.917</b>	<b>20.563.893</b>	<b>21.175.767</b>	<b>21.806.081</b>	<b>22.455.390</b>	<b>23.124.267</b>	<b>23.813.304</b>	<b>24.523.109</b>	<b>25.254.309</b>	<b>26.007.549</b>
Inversión inicial	4.771.620													
Gastos operación	0	627.666	649.196	671.480	694.545	718.418	743.129	768.708	795.186	822.594	850.967	880.339	910.746	942.225
Otros gastos	0	17.003.225	17.507.596	18.027.098	18.562.185	19.113.324	19.680.998	20.265.702	20.867.947	21.488.259	22.127.181	22.785.271	23.463.103	24.161.270
Canons	173.750	453.956	462.362	471.021	479.939	489.124	498.586	508.331	518.368	528.707	539.355	550.323	561.621	573.257
Impuestos de sociedades	0	96.663	193.431	223.717	233.249	243.026	253.054	263.340	273.889	284.707	295.800	307.176	318.839	330.797

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
<b>IVA</b>	<b>-763.459</b>	<b>1.485.569</b>	<b>21.555</b>	<b>22.198</b>	<b>22.859</b>	<b>23.540</b>	<b>24.241</b>	<b>24.964</b>	<b>25.707</b>	<b>26.473</b>	<b>27.262</b>	<b>28.074</b>	<b>28.910</b>	<b>29.770</b>
Movimientos IVA	-763.459	2.888.437	2.974.659	3.063.449	3.154.885	3.249.046	3.346.012	3.445.867	3.548.696	3.654.588	3.763.635	3.875.929	3.991.567	4.110.649
Efecto financiero IVA	0	-1.402.869	-2.953.103	-3.041.251	-3.132.026	-3.225.506	-3.321.770	-3.420.903	-3.522.989	-3.628.115	-3.736.373	-3.847.855	-3.962.658	-4.080.879

<b>Caja antes de financiación</b>	<b>-5.708.829</b>	<b>1.984.458</b>	<b>449.782</b>	<b>446.918</b>	<b>465.520</b>	<b>484.602</b>	<b>504.178</b>	<b>524.258</b>	<b>544.853</b>	<b>565.978</b>	<b>587.642</b>	<b>609.860</b>	<b>632.643</b>	<b>656.005</b>
-----------------------------------	-------------------	------------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------

Capital propio	800.000													
Entidades de crédito	5.403.106													
Impuesto de Sociedades	0	33.121	88.967	107.683	105.268	102.709	99.995	97.119	94.070	90.838	87.412	83.781	79.932	75.852
Devolución préstamo (amortiz+interés)	422.667	422.667	422.667	422.667	422.667	422.667	422.667	422.667	422.667	422.667	422.667	422.667	422.667	422.667

<b>Caja después de financiación</b>	<b>71.610</b>	<b>1.594.912</b>	<b>116.082</b>	<b>131.935</b>	<b>148.121</b>	<b>164.644</b>	<b>181.506</b>	<b>198.709</b>	<b>216.256</b>	<b>234.148</b>	<b>252.387</b>	<b>270.974</b>	<b>289.908</b>	<b>309.189</b>
-------------------------------------	---------------	------------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------

<b>Diferencia acumulada</b>	<b>71.610</b>	<b>1.666.522</b>	<b>1.782.603</b>	<b>1.914.538</b>	<b>2.062.659</b>	<b>2.227.303</b>	<b>2.408.808</b>	<b>2.607.517</b>	<b>2.823.773</b>	<b>3.057.922</b>	<b>3.310.309</b>	<b>3.581.282</b>	<b>3.871.190</b>	<b>4.180.380</b>
-----------------------------	---------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------

	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043
<b>Entradas</b>	<b>27.432.797</b>	<b>28.255.781</b>	<b>29.103.455</b>	<b>29.976.558</b>	<b>30.875.855</b>	<b>31.802.131</b>	<b>32.756.194</b>	<b>33.738.880</b>	<b>34.751.047</b>	<b>35.793.578</b>	<b>36.867.385</b>
GNL.Palamós	27.432.797	28.255.781	29.103.455	29.976.558	30.875.855	31.802.131	32.756.194	33.738.880	34.751.047	35.793.578	36.867.385
<b>Total</b>	<b>27.432.797</b>	<b>28.255.781</b>	<b>29.103.455</b>	<b>29.976.558</b>	<b>30.875.855</b>	<b>31.802.131</b>	<b>32.756.194</b>	<b>33.738.880</b>	<b>34.751.047</b>	<b>35.793.578</b>	<b>36.867.385</b>

	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043
<b>Salidas</b>	<b>26.783.496</b>	<b>27.582.834</b>	<b>28.406.270</b>	<b>29.254.531</b>	<b>30.128.367</b>	<b>31.028.551</b>	<b>31.955.879</b>	<b>32.911.169</b>	<b>33.895.267</b>	<b>34.909.043</b>	<b>35.953.393</b>
Inversión inicial											
Gastos operación	974.815	1.008.555	1.043.487	1.079.654	1.117.101	1.155.873	1.196.019	1.237.588	1.280.632	1.325.203	1.371.358
Otros gastos	24.880.382	25.621.068	26.383.974	27.169.767	27.979.134	28.812.782	29.671.440	30.555.857	31.466.807	32.405.085	33.371.512
Canons	585.242	597.587	610.302	623.398	636.888	650.782	665.093	679.833	695.016	710.654	726.761
Impuestos de sociedades	343.057	355.624	368.507	381.711	395.244	409.114	423.327	437.891	452.813	468.101	483.762

	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
<b>IVA</b>	<b>30.657</b>	<b>31.570</b>	<b>32.510</b>	<b>33.477</b>	<b>34.474</b>	<b>35.500</b>	<b>36.557</b>	<b>37.645</b>	<b>38.765</b>	<b>39.918</b>	<b>41.106</b>
Movimientos IVA	4.233.277	4.359.556	4.489.595	4.623.505	4.761.401	4.903.401	5.049.628	5.200.207	5.355.266	5.514.940	5.679.364
Efecto financiero IVA	-4.202.620	-4.327.986	-4.457.085	-4.590.027	-4.726.927	-4.867.901	-5.013.071	-5.162.562	-5.316.501	-5.475.022	-5.638.258

<b>Caja antes de financiación</b>	<b>679.958</b>	<b>704.517</b>	<b>729.695</b>	<b>755.505</b>	<b>781.962</b>	<b>809.079</b>	<b>836.872</b>	<b>865.356</b>	<b>894.545</b>	<b>924.454</b>	<b>955.098</b>
-----------------------------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------

Capital propio											
Entidades de crédito											
Impuesto de Sociedades	71.527	66.942	62.083	56.932	51.472	45.684	39.549	33.046	26.153	18.846	11.101
Devolución préstamo (amortiz+interés)	422.667	422.667	422.667	422.667	422.667	422.667	422.667	422.667	0	0	0

<b>Caja después de financiación</b>	<b>328.818</b>	<b>348.792</b>	<b>369.110</b>	<b>389.769</b>	<b>410.766</b>	<b>432.096</b>	<b>453.754</b>	<b>475.735</b>	<b>920.698</b>	<b>943.300</b>	<b>966.199</b>
-------------------------------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------

<b>Diferencia acumulada</b>	<b>4.509.198</b>	<b>4.857.990</b>	<b>5.227.100</b>	<b>5.616.870</b>	<b>6.027.636</b>	<b>6.459.732</b>	<b>6.913.487</b>	<b>7.389.222</b>	<b>8.309.919</b>	<b>9.253.219</b>	<b>10.219.418</b>
-----------------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	-------------------

- Financiación:

Año	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032
Pendiente amortizar	5.403.106	5.304.625	5.200.235	5.089.582	4.972.290	4.847.960	4.716.170	4.576.473	4.428.395	4.271.431	4.105.050	3.928.685	3.741.739	3.543.576
Gastos financiación	324.186	318.278	312.014	305.375	298.337	290.878	282.970	274.588	265.704	256.286	246.303	235.721	224.504	212.615
Quota	422.667	422.667	422.667	422.667	422.667	422.667	422.667	422.667	422.667	422.667	422.667	422.667	422.667	422.667
Amortización principal	98.481	104.390	110.653	117.292	124.330	131.790	139.697	148.079	156.964	166.381	176.364	186.946	198.163	210.053
Amortizado	5.304.625	5.200.235	5.089.582	4.972.290	4.847.960	4.716.170	4.576.473	4.428.395	4.271.431	4.105.050	3.928.685	3.741.739	3.543.576	3.333.524

Año	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043
Pendiente amortizar	3.333.524	3.110.868	2.874.853	2.624.676	2.359.490	2.078.392	1.780.428	1.464.587	1.129.795	774.915	398.743
Gastos financiación	200.011	186.652	172.491	157.481	141.569	124.704	106.826	87.875	67.788	46.495	23.925
Quota	422.667	422.667	422.667	422.667	422.667	422.667	422.667	422.667	422.667	422.667	422.667
Amortización principal	222.656	236.015	250.176	265.187	281.098	297.964	315.842	334.792	354.880	376.172	398.743
Amortizado	3.110.868	2.874.853	2.624.676	2.359.490	2.078.392	1.780.428	1.464.587	1.129.795	774.915	398.743	0

## ANEXO V: Análisis de las externalidades

- Parámetros básicos de la operativa terrestre:

<b>Duración del Periodo</b>	24 años		
<b>Datos logísticos básicos</b>	Distancia media (ahorrada)	-71	km
	Número de camiones	5	camiones
	Número de rotaciones anuales	240	rotaciones
	Millones vehkm anuales (ahorrados)	-0,17	Mvkm
	Distancia en entorno urbanizado (ahorrada)	-75	km
	Distancia en entorno de alta densidad de tráfico (ahorrada)	-50	km
	carga promedio de un camión	40,00	tn
<b>Emisiones anuales (ahorradas)</b>	CO2eq	-135.324	kg/año
	PMx	-1	kg/año
	Nox	-35	kg/año
<b>Datos de referencia para el análisis</b>	<b>Consumo de las cubas</b>		
	Consumo de Diesel (en vacío)	168,9	g de fuel / vkm
	Consumo de Diesel (en lleno)	242,8	g de fuel / vkm
	<b>Factores emisión 2015</b>		
	CO2 equivalente en vacío	651,65	g/vkm
	CO2 equivalente en lleno	936,67	g/vkm
	NOx (en vacío)	0,18	g/vkm
	NOx (en lleno)	0,24	g/vkm
	PM2.5 (en vacío)	0,0026	g/vkm
	PM2.5 (en lleno)	0,0034	g/vkm
	<b>Coste emisiones</b>		
	PM2.5 urbano	270.178	€/tn
	PM2.5 interurbano / rural	28.108	€/tn
	NOx	10.640	€/tn
	<b>Reducción emisiones hasta 2043</b>	35%	
	<b>Coste total externalidades</b>		
	Congestión - Hora punta	1,58	€/vkm
	Congestión - Fuera de punta	0,46	€/vkm
	Ruido	0,06	€/vkm

- Hipótesis Emisiones Marítimas:

Tamaño	1.100	m3	Emisiones		
Consumo	10	tn/día a 15kn	Nox	79,3	kg/tn bunker fuel
Velocidad	15	kn	CO	7,4	kg/tn bunker fuel
			Sox	20	kg/tn bunker fuel
			PM2.5	5,6	kg/tn bunker fuel
Nox	10.150	kg	CO2	3.170	kg/tn bunker fuel
CO	947	kg			
Sox	2.560	kg			
PM2.5	717	kg			
CO2	405.760	kg/año	Distancia Barcelona-Palamós		
			48 millas náuticas		
			Trayectos	48	ciclos/año

- Hipótesis Impactos territoriales:

Longitud de traza furtamente urbanizada	13 km
Longitud de traza urbanizada	40 km

Entorno de sensibilidad alta al transporte de mercancías peligrosas	
(a ambos lados de la traza)	100 m
Entorno de sensibilidad moderada al transporte de mercancías peligrosas	
(a ambos lados de la traza)	500 m

Densidad de población urbana en entornos fuertemente poblados	75.000 hab/km2
Densidad de población urbana en entornos de densidad moderada	4.000 hab/km2

Población expuesta al tráfico de mercancías peligrosas	
Zona de sensibilidad alta	227.000 hab
Zona de sensibilidad moderada	908.000 hab

Población expuesta en caso de accidente grave	
Zona de sensibilidad alta	320 hab
Zona de sensibilidad moderada	1.279 hab

- **Análisis Costes-Beneficios:**

Tasa de descuento social	6,00%
--------------------------	-------

ANÁLISIS COSTE BENEFICIO DEL INTERÉS SOCIAL					
Año	Balance neto anual	Ahorro en congestión	Ahorro en ruido	Sobrecoste en GEI	Ahorro en contaminantes (PM2.5, Nox)
2020	112.805 €	103.125 €	10.790 €	1.894 €	785 €
2021	112.822 €	103.125 €	10.790 €	1.865 €	773 €
2022	112.839 €	103.125 €	10.790 €	1.837 €	761 €
2023	112.856 €	103.125 €	10.790 €	1.808 €	749 €
2024	112.872 €	103.125 €	10.790 €	1.779 €	737 €
2025	112.889 €	103.125 €	10.790 €	1.750 €	725 €
2026	112.906 €	103.125 €	10.790 €	1.721 €	713 €
2027	112.923 €	103.125 €	10.790 €	1.692 €	701 €
2028	112.940 €	103.125 €	10.790 €	1.664 €	689 €
2029	112.957 €	103.125 €	10.790 €	1.635 €	677 €
2030	112.974 €	103.125 €	10.790 €	1.606 €	665 €
2031	112.991 €	103.125 €	10.790 €	1.577 €	653 €
2032	113.008 €	103.125 €	10.790 €	1.548 €	641 €
2033	113.024 €	103.125 €	10.790 €	1.520 €	630 €
2034	113.041 €	103.125 €	10.790 €	1.491 €	618 €
2035	113.058 €	103.125 €	10.790 €	1.462 €	606 €
2036	113.075 €	103.125 €	10.790 €	1.433 €	594 €
2037	113.092 €	103.125 €	10.790 €	1.404 €	582 €
2038	113.109 €	103.125 €	10.790 €	1.375 €	570 €
2039	113.126 €	103.125 €	10.790 €	1.347 €	558 €
2040	113.143 €	103.125 €	10.790 €	1.318 €	546 €
2041	113.160 €	103.125 €	10.790 €	1.289 €	534 €
2042	113.176 €	103.125 €	10.790 €	1.260 €	522 €
2043	113.193 €	103.125 €	10.790 €	1.231 €	510 €

[illegible]

EMISIONES ATMOSFERICAS						
Vkm anuales	Emisiones GEI (Tn/año) marítimas	Emisiones GEI (Tn/año) terrestres	Emisiones GEI (Tn/año) totales	Emisiones PM2,5 (Tn/año)	Emisiones NOx (tn/año)	Mejora tecnológica de los vehículos marítima
-259.150	406	-220	186	-0,0008	-0,06	100%
-259.150	400	-217	183	-0,0008	-0,06	98%
-259.150	393	-214	180	-0,0008	-0,06	97%
-259.150	387	-210	177	-0,0008	-0,05	95%
-259.150	381	-207	174	-0,0008	-0,05	94%
-259.150	375	-203	171	-0,0008	-0,05	92%
-259.150	369	-200	169	-0,0008	-0,05	91%
-259.150	363	-197	166	-0,0007	-0,05	89%
-259.150	356	-193	163	-0,0007	-0,05	88%
-259.150	350	-190	160	-0,0007	-0,05	86%
-259.150	344	-187	157	-0,0007	-0,05	85%
-259.150	338	-183	154	-0,0007	-0,05	83%
-259.150	332	-180	152	-0,0007	-0,05	82%
-259.150	325	-177	149	-0,0007	-0,05	80%
-259.150	319	-173	146	-0,0007	-0,05	79%
-259.150	313	-170	143	-0,0006	-0,04	77%
-259.150	307	-167	140	-0,0006	-0,04	76%
-259.150	301	-163	138	-0,0006	-0,04	74%
-259.150	295	-160	135	-0,0006	-0,04	73%
-259.150	288	-157	132	-0,0006	-0,04	71%
-259.150	282	-153	129	-0,0006	-0,04	70%
-259.150	276	-150	126	-0,0006	-0,04	68%
-259.150	270	-146	123	-0,0006	-0,04	67%
-259.150	264	-143	121	-0,0005	-0,04	65%

[illegible]

### Beneficios hasta 2043 (24 años)

(No incorpora beneficios derivados de la reducción de emisiones GEI por el suministro de GNL para combustible de embarcaciones. Valores no actualizados. Agregados totales)

SUMA (M€)	2,71 €	2,47 €	0,26 €	0,04 €	0,02 €
-----------	--------	--------	--------	--------	--------

TOTAL	3.674	-0,017	-1,14 Tn en 50 años
Coste	0,038	-0,003	-0,01 millones €

### Rendibilidad hasta 2043

(No incorpora beneficios derivados de la reducción de emisiones por el suministro de GNL para combustible de embarcaciones. Tasa descuento al 6%)

<b>VAN (millones</b>	<b>1,42 €</b>	<b>1,29 €</b>	<b>0,14 €</b>	<b>0,02 €</b>	<b>0,01 €</b>
----------------------	---------------	---------------	---------------	---------------	---------------

% recorrido entorno urbano	74,6%
% recorrido entorno interurbano	25,4%
en áreas de entorno urbano:	
% recorrido susceptibles a problemas de congestión ( <i>respecto km urbanos</i> )	67%
% horas diarias en condiciones de densidad de tráfico alta	30%
% horas diarias en condiciones valle	70%

Expediciones diarias terrestres	GEI marítimas (tn/año)
5	406
dist. Ciclo	-71

costes emisiones		
CO2 social	12,3 US\$/tn	10 €/tn
PM2,5 urbano	303.134 US\$/tn	270.178 €/tn
PM2,5 interurbano	31.537 US\$/tn	28.108 €/tn
Nox	11.938 US\$/tn	10.640 €/tn
<i>Ajuste por antigüedad de flotas</i>	<i>1,07</i>	